



นโยบายเทคโนโลยีการเกษตร 4.0 (Farming 4.0 Policy)

แผนงานวิจัยคนไทย 4.0 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และมูลนิธิสถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ
ภายใต้แผนงานบูรณาการยุทธศาสตร์เป้าหมาย (Spearhead) สาขาวิจัยแห่งชาติ

คณะผู้วิจัย

นิพนธ์ พิวพงศกร
กัมพล ปิ่นตะกั่ว
ณัฐริดา วิวัฒน์วิชา

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย

พฤศจิกายน 2563

นโยบายเทคโนโลยีการเกษตร 4.0 (Farming 4.0 Policy)

คณะผู้วิจัย

นิพนธ์ พัวพงศกร

กัมพล ปั่นตะกั่ว

ณัฐธิดา วิวัฒน์วิชา

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย

รายงานนำเสนอต่อแผนงานวิจัยคนไทย 4.0 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และมูลนิธิสถาบัน
ศึกษานโยบายสาธารณะ ภายใต้แผนงานบูรณาการยุทธศาสตร์เป้าหมาย (Spearhead) สภาวิจัย
แห่งชาติ

พฤศจิกายน 2563

สารบัญ

นโยบายเทคโนโลยีการเกษตร 4.0 (FARMING 4.0 POLICY)	1
1. ความสำคัญของเทคโนโลยีการเกษตร	1
2. เกษตรสมัยใหม่ : จากเทคโนโลยีชีวภาพสู่เกษตรอัจฉริยะ (farming 4.0).....	7
2.1 ความหมายของเกษตรสมัยใหม่ และเทคโนโลยีประเภทต่างๆในเกษตรสมัยใหม่	9
2.2 พัฒนาการเทคโนโลยีชีวภาพ กับการปฏิวัติเขียว	17
2.3 พัฒนาการของเกษตรอัจฉริยะ (farming 4.0)	22
2.4 ตัวอย่าง Farming 4.0 ในต่างประเทศ.....	26
2.5. การแข่งขันของบริษัทข้ามชาติด้านเทคโนโลยีการเกษตร	40
3. การชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านนวัตกรรมและสถาบัน (induced innovation/institutional changes) 41	
3.1 แนวคิดที่ว่าด้วยการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านนวัตกรรมและสถาบัน	41
3.2 การปรับปรุงและการใช้เทคโนโลยีการเกษตร.....	44
4. สถานภาพการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตรในไทย และเหตุผลที่เกษตรกรไทยส่วนใหญ่ไม่ได้นำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้/หรือ นำมาปรับให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น: อุปสงค์ อุปทาน ตลาดซื้อขายบริการเทคโนโลยีกับสถานะประเทศ	50
4.1 เกษตรกรและบริษัทที่ใช้ Digital Technology	50
4.2 ความต้องการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ของเกษตรกรไทยส่วนใหญ่ที่ปลูกพืชเศรษฐกิจมูลค่าต่ำ.....	58
4.3 อุปทานของบริการเทคโนโลยีกับสถานะประเทศ.....	59
4.4 Ecosystem ยังเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการพัฒนา agri-tech start-ups	61
4.5 ระบบวิจัย/ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีของรัฐอ่อนแอลงมาก ทำให้ความรู้และเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตลดต้นทุนและแก้ไขปัญหาของเกษตรกร ก้าวหน้าไม่ทันกับความต้องการของเกษตรกร สาเหตุสำคัญ คือ รัฐ ลงทุนด้านวิจัยเกษตรน้อยมากเทียบกับในอดีต (รูป 4.10) และระบบวิจัย/ส่งเสริมของภาครัฐอ่อนแอลง	61
5. ทำอย่างไรจึงจะเกิดการตื่นตัวของเกษตรกรในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตร.....	63
5.1 พฤติกรรมของเกษตรกร: ทำไมเกษตรกรบางกลุ่มมีรายได้ส่วนใหญ่จากนอกภาคเกษตร แต่บางคนมีรายได้ส่วนใหญ่จากภาคเกษตร	64
5.2 นโยบายและแนวทางสร้างความตื่นตัวในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตร เพื่อพลิกโฉมภาคเกษตรไทย.....	68
6. สรุป	74
เอกสารอ้างอิง	78

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	จำนวนสินค้าเกษตรของไทยที่มีดัชนีความสามารถแข่งขัน (RCA) เทียบกับประเทศอาเซียน.....6
ตารางที่ 2.1	ตัวอย่างอุปกรณ์เทคโนโลยีเก็บข้อมูล สื่อสารข้อมูล และประมวลผล..... 12
ตารางที่ 3.1	ความได้เปรียบของผู้เกี่ยวข้องฝ่ายต่างๆ ในการปรับปรุงเทคโนโลยีการเกษตร..... 47
ตารางที่ 3.2	เครื่องจักรกลการเกษตรที่เกษตรกรไทยใช้และจ้างตามประเภทของเครื่องจักร 47

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1	รายได้ต่อหัวภาคเกษตรต่ำกว่านอกภาคเกษตรมาก.....5
รูปที่ 1.2	คนจนส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร.....5
รูปที่ 2.1	องค์ประกอบสำคัญของเทคโนโลยีดิจิทัลและการสื่อสารใน FARMING 4.0 12
รูปที่ 2.2:	เกษตร 4.0: จากผลิตภัณฑ์เดี่ยว (PRODUCT) สู่ระบบของระบบ..... 15
รูปที่ 2.3	กราฟฟังก์ชันผลผลิต เมื่อมีเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำ และเทคโนโลยีชีวภาพ..... 17
รูปที่ 2.4:	แสดงวิวัฒนาการของ GENOMICS ตั้งแต่การค้นพบของ MENDEL ในปีคศ. 1860 21
รูปที่ 2.5:	ขนาดและลายหินอ่อนของโคเนื้อวากิวที่มีการใช้เทคนิค METABOLIC PROGRAMMING (EPIGENETIC) 22
รูปที่ 2.6	ตัวอย่างเทคโนโลยี FARMING 4.0 ในต่างประเทศ..... 29
รูปที่ 2.7	สัดส่วนตลาดเทคโนโลยีสมาร์ท FARMING ในญี่ปุ่น ปี 2016 33
รูปที่ 2.8.	กรอบความคิดของการใช้เทคโนโลยีระหว่างฟาร์มขนาดใหญ่และฟาร์มขนาดเล็กในประเทศญี่ปุ่น (WAGRI) 34
รูปที่ 3.1	INNOVATION MEANING..... 43
รูปที่ 3.2	ตัวอย่างเทคโนโลยีที่ใช้ในภาคเกษตรไทย 44
รูปที่ 4.1	ฟาร์มไก่ 55
รูปที่ 4.2-ก	ฟาร์มกุ้ง..... 55
รูปที่ 4.2-ข	TECHFARM พัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ..... 55
รูปที่ 4.3	ฟาร์มเมลอน และสวนผัก ที่เชียงใหม่..... 56
รูปที่ 4.4	VERTICAL FARMING ของ UNIXCON และวังรี เฮลท์ แพคตอรี..... 56
รูปที่ 4.5	โรงเรือนสมาร์ทฟาร์มด้วยระบบ IoT จาก SPSMARTPLANTS..... 56
รูปที่ 4.6	แอปพลิเคชันวัดขนาดที่ดินจาก LING 55
รูปที่ 4.7	บริการโดรนการเกษตร เก้าไร่..... 57
รูปที่ 4.8:	การบริหารจัดการไร่อ้อยแปลงใหญ่ของบริษัทมิตรผล – ภาพถ่ายโดรนทำแผนที่แปลงให้ข้อมูล การเติบโตของอ้อย การใช้ GPS ควบคุมเครื่องจักรบริหารโลจิสติกส์การตัดและขนส่งอ้อย..... 57
รูปที่ 4.9	ฟาร์มแม่นยำตัวอย่างปลูกผักและเมลอนของดีแทคที่ใช้เซนเซอร์และระบบเตือนในสมาร์ตโฟน 57
รูปที่ 4.10	งบประมาณวิจัยต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมเกษตร (AGRICULTURAL RESEARCH INTENSITY) 62
รูปที่ 5.1-ก	สัดส่วนรายได้เกษตรกรของครัวเรือนเกษตร..... 65
รูปที่ 5.1-ข	สัดส่วนรายได้เกษตรกรของครัวเรือนชาวนา VS เกษตรอื่นๆ..... 66
รูปที่ 5.2	สมการถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนรายได้เกษตรกรของครัวเรือนกับตัวแปรต่าง..... 67
รูปที่ 5.3	สัดส่วนครัวเรือนเกษตรแยกตาม % รายได้เกษตรกรและการศึกษา..... 68

นโยบายเทคโนโลยีการเกษตร 4.0 (Farming 4.0 Policy)¹

นิพนธ์ พัวพงศกร กัมพล ปันตะแก้ว และณัฐธิดา วิวัฒน์วิชา

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย

พฤศจิกายน 2563

1. ความสำคัญของเทคโนโลยีการเกษตร

ทำไมต้องพูดถึงการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในภาคเกษตรไทย คำตอบคือ ระบบการเกษตรของไทยกำลังเผชิญความท้าทายที่สำคัญ² เกษตรกรไทยส่วนใหญ่ยังมีรายได้ต่อคน (หรือผลิตภาพแรงงาน) ต่ำ แม้ว่าผลิตภัณฑ์ประชาชาติต่อหัวจากภาคเกษตรจะมีแนวโน้มสูงขึ้น และช่องว่างระหว่างผลิตภัณฑ์ประชาชาติต่อหัวจากภาคเกษตรกับนอกภาคเกษตรจะมีแนวโน้มลดลง แต่ผลิตภัณฑ์ประชาชาติต่อหัวของแรงงานนอกภาคเกษตรยังสูงกว่าผลิตภัณฑ์ประชาชาติต่อหัวของภาคเกษตรถึงกว่า 5 เท่าตัว (รูปที่ 1.1) ช่องว่างรายได้ต่อหัวดังกล่าวสะท้อนว่าผลิตภาพแรงงาน (labor productivity) ของเกษตรกรไทยอยู่ในระดับต่ำ³ ด้วยเหตุนี้ภาคเกษตรจึงมีคนจนจำนวนมาก ข้อมูลในรูปที่ 1.2 แสดงว่าคนจนส่วนใหญ่ทั้งที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาลและในชนบททำงานในภาคเกษตร

เทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่จะช่วยยกระดับรายได้ต่อหัวของเกษตรกร⁴ และเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน อัมมาร สยามวาลา (2541) เคยพูดถึงความสำคัญของเทคโนโลยีดังนี้

“ที่สำคัญที่สุด รัฐจะต้องขยายการลงทุนของตนในด้านการลงทุนวิจัยเพื่อสร้างเทคโนโลยีใหม่ทางด้านการเกษตร และเพื่อยกระดับความสามารถของไทยในด้านเทคโนโลยีชีวภาพ.....”

ในปัจจุบันสินค้าเกษตรส่งออกของไทย (โดยเฉพาะข้าว⁵) เริ่มสูญเสียความสามารถในการแข่งขัน เพราะต้นทุนและราคาสูงกว่าคู่แข่ง เทคโนโลยีสามารถช่วยลดต้นทุน (โดยการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น) เพิ่มผลิตภาพ และผลิตสินค้าที่มีคุณภาพสูงขึ้น รวมทั้งสินค้าใหม่ๆที่

¹ บทความปรับปรุงจากการนำเสนอในการเสวนาวิชาการ “ภาคเกษตรไทยในอนาคต ครวัไฮเทคโนโลยียุคใหม่?” จัดโดย สถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ และสภาวิจัยแห่งชาติ ณ สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 22 สิงหาคม 2562

² นอกจากนี้เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ยังสามารถตอบโจทย์ความท้าทายที่ระบบการเกษตรของโลกกำลังเผชิญอยู่ (ดูความท้าทายเหล่านั้นในตอนต่อที่ 2)

³ เหตุผลคือภาคเกษตรยังมีแรงงานจำนวนมากเกินไปถึง 28% ของการจ้างงานทุกสาขาเศรษฐกิจ แต่มีรายได้เพียง 8-9% ของผลิตภัณฑ์ประชาชาติ นอกจากนี้ผลผลิตต่อไร่ของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญก็ต่ำกว่าเพื่อนบ้าน ส่วนหนึ่งเพราะเกษตรกรเลือกปลูกพืชที่ไม่ต้องใช้เวลาดูแล ทำให้สามารถใช้เวลาส่วนใหญ่ทำงานนอกภาคเกษตรที่ให้รายได้สูงกว่า นอกจากนั้น ยังมีปัญหาว่าตัวเลขจำนวนผู้ทำงานในภาคเกษตรสูงกว่าข้อเท็จจริงด้วย (ดูคำอธิบายใน Nipon and Kamphol 2020)

⁴ ปัจจัยสำคัญอื่นๆ ได้แก่ ขนาดฟาร์ม (เกษตรกรมีที่ดินทำกินน้อย เฉลี่ยเพียง 20 ไร่ ทำให้รายได้ต่ำ) และที่ดินภาคเกษตรส่วนใหญ่อยู่นอกเขตชลประทาน จึงมีผลผลิตต่อไร่ต่ำ เป็นต้น

⁵ ไทยตกอันดับจากผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ที่สุดของโลกตั้งแต่ปี 2555 และในปี 2563 ก็มีปริมาณส่งออกข้าวน้อยกว่าเวียดนาม

ตลาดต้องการได้ นอกจากนั้นเทคโนโลยีดิจิทัลยังสามารถช่วยลดต้นทุนโลจิสติกส์ตลอดห่วงโซ่อุปทานอาหาร (เช่น การใช้ blockchain ควบคุมการผลิตและกระจายสินค้าปลอดภัย และ sharing economy) และการผลิตอาหารชนิดใหม่ได้อีกด้วย (ดูตัวอย่างเทคโนโลยีเหล่านี้ในตอน 2.1 และ 2.3)

งานวิจัยเรื่องผลกระทบต่อภาคเกษตรไทยจากการรวมตัวเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย 2561) พบว่าสินค้าที่คู่แข่งในอาเซียนมีความสามารถในการแข่งขันสูงกว่าไทย มีจำนวนมากกว่าไทย (ตารางที่ 1.1) เหตุผลคือ คู่แข่งมีเทคโนโลยีที่ทันสมัย หรือเริ่มดีกว่าไทยเพราะคู่แข่งมีการวิจัยมากกว่าไทยและการวิจัยสามารถตอบสนองความต้องการของตลาด เช่น การวิจัยพันธุ์ข้าวหอมพันธุ์นุ่มของเวียดนามที่ตรงกับความต้องการของจีน และให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าข้าวหอมมะลิของไทย (ดูประเด็นเรื่องอิทธิพลของเทคโนโลยีต่อความสามารถในการแข่งขันของข้าวหอมพันธุ์นุ่มเพิ่มเติมข้างล่าง) นอกจากนั้นคู่แข่งของไทยที่เป็นประเทศกำลังพัฒนามีต้นทุนถูกกว่าไทย ในอดีตไทยประสบความสำเร็จสูงในการสร้างเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้วยการวิจัย/การส่งเสริม การสร้างความชำนาญเฉพาะอย่าง (specialization) การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพ ฯลฯ แต่ในวันนี้ และในอนาคตอันใกล้ หนทางสำคัญในการรักษาและเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน และเพิ่มรายได้ต่อหัวให้เกษตรกร คงหนีไม่พ้นการใช้เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่

เหตุผลสำคัญที่คู่แข่งสินค้าเกษตรส่งออกเริ่มมีเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ากว่าไทย เพราะคู่แข่งอย่างเวียดนามและอินเดียทุ่มการลงทุนด้านวิจัยและส่งเสริมการเกษตรอย่างจริงจัง การพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมทำให้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้นมาก และมีพันธุ์ข้าวที่เป็นที่นิยมของตลาดสำคัญที่เคยเป็นตลาดของไทย (โดยเฉพาะตลาดจีน) ขณะเดียวกันระบบการวิจัยและส่งเสริมของรัฐไทยกลับอ่อนแอลงมาก ส่วนคู่ค้าสำคัญอย่างจีนก็ยังทุ่มการลงทุนโดยเน้นการปรับปรุงข้าวพันธุ์ลูกผสม (hybrid) ที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงมากเพื่อลดการพึ่งพิงการนำเข้า นอกจากนั้นคู่ค้าสำคัญของไทยใน Africa และคู่แข่งของไทยที่เป็นประเทศยากจน (เมียนมา กัมพูชา) ยังได้รับความช่วยเหลือทางเทคโนโลยีสมัยใหม่จากประเทศพัฒนาแล้ว (เช่น UK-AID, Norwegian Agency for Development Cooperation หรือ Norad) และองค์กรระหว่างประเทศ (เช่น Bill & Melinda Gates Foundation, Hewlett Foundation) แต่ไทยไม่ได้รับความช่วยเหลือ เพราะเราไม่ยากจน ไทยจึงต้องพึ่งตนเองในการเร่งวิจัยพัฒนาและนำเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ที่เหมาะสมมาใช้เพื่อเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร เพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดส่งออก โดยการส่งออกอาหารปลอดภัย/สุขภาพ (healthy foods) ในราคาที่คนซื้อจ่ายได้ และที่สำคัญคือเป็นระบบการผลิตและห่วงโซ่การผลิตแบบยั่งยืน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อนุรักษ์นิเวศและทรัพยากรการเกษตร ตลอดจนความหลากหลายทั้งระบบผลิตและพันธุ์พืช/สัตว์

ยิ่งกว่านั้น โลกกำลังก้าวสู่ยุคปฏิวัติเขียวครั้งที่ 2 ที่เป็นการปฏิวัติด้านเทคโนโลยีการเกษตร⁶ หากเราไม่เตรียมความพร้อมด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเกษตรไทยก็จะล้าหลัง หรือต้องกลายเป็นผู้พึ่งพา (dependent) เทคโนโลยีจากต่างประเทศ

คำถามสำคัญ คือ เทคโนโลยีดิจิทัลจะช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและเพิ่มรายได้ของเกษตรกรไทยได้อย่างไร โดยเฉพาะกรณี “การวิจัยพันธุ์ข้าวหอมพื้นนุ่มของเวียดนามที่ตรงกับความต้องการของจีน และให้ผลผลิตต่อไร่สูง ทำให้ข้าวเวียดนามได้เปรียบในการแข่งขันเหนือข้าวไทยอย่างไร และเทคโนโลยีจะมีบทบาทอย่างไร”

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวหอมพื้นนุ่มของเวียดนาม หรือพันธุ์จัสมิน 85 (Jasmine 85)⁷ ประสบความสำเร็จในการแข่งขันจนสามารถแย่งตลาดข้าวหอมมะลิในจีนจากผู้ส่งออกข้าวไทย มี 2 ประการ ประการแรก ข้าวหอมจัสมิน 85 เป็นข้าวพื้นนุ่ม หอมเล็กน้อย ไม่ไวแสง ต้นเตี้ย และผลผลิตต่อไร่สูงมาก (อาจสูงถึง 0.8-1.1 ตัน/ไร่) เพราะข้าวจัสมินเป็นพันธุ์ลูกผสม (hybrid) ที่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงมาก และมีอายุปลูกสั้น (ไม่เกิน 100 วัน) ปัจจัยที่สองที่ทำให้ข้าวจัสมิน 85 แย่งตลาดข้าวไทยได้สำเร็จคือส่วนต่างราคา ขณะที่ข้าวหอมมะลิ 105 ขายในราคา 1,100-1,200 เหรียญต่อตัน ข้าวจัสมิน 85 กลับขายในราคาเพียง 500-650 เหรียญต่อตัน⁸ ในสายตาของผู้บริโภคการซื้อข้าวจัสมินคุ้มกว่าการซื้อหอมมะลิไทย เพราะนอกจากคุณภาพข้าวจะใกล้เคียงกันมาก (ยกเว้นความหอม) แล้วราคาข้าวจัสมินถูกกว่ามาก นี่คือนโยบายที่ไทยเสียส่วนแบ่งตลาดข้าวหอมในจีนให้เวียดนาม นอกจากนั้นในแง่เกษตรกร รายได้จากการปลูกข้าวหอมจัสมิน 85 จะสูงกว่ารายได้จากการปลูกข้าวหอมมะลิ 105 ที่มีผลผลิตต่อไร่เพียง 0.4 ตันต่อไร่⁹ ยิ่งกว่านั้นข้าวจัสมิน 85 ปลูกได้ปีละ 3 ครั้ง เพราะอายุสั้น และไม่ใช้ข้าวไวแสง ส่วนหอมมะลิ 105 เป็นข้าวไวแสงปลูกได้ปีละ 1 ครั้ง อายุกว่า 130 วัน นี่คือเหตุผลหลักที่ชาวนาไทยต้องการปลูกข้าวหอมจัสมิน 85 (โดยเฉพาะชาวนาเขตชลประทานในภาคกลางและภาคเหนือตอนล่าง) จึงมีการลักลอบนำพันธุ์จัสมิน 85 เข้ามาปลูกในไทย

คำถามต่อไปคือ เทคโนโลยีดิจิทัลและเทคโนโลยีชีวภาพจะช่วยยกระดับความสามารถในการแข่งขันของข้าวไทยได้อย่างไร ในแง่เกษตรกร ข้าวจัสมิน 85 ตอบสนองต่อไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่นนอกเหนือจาก NPK ดังนั้นหากเกษตรกรใช้ “เทคโนโลยีแม่นยำ” ในการใช้ปุ๋ยและบำรุงรักษาดินอย่างถูกต้อง ผลผลิตต่อไร่จะสูงขึ้น ดังนั้นบทบาทของรัฐจึงควรมีบทบาทสองด้านๆ แรกคือ กรมการ

⁶ ประเทศในอาเซียนที่ต้องนำเข้าอาหารอย่างอินโดนีเซียและมาเลเซียมีความก้าวหน้ามากในด้านเทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ โดยเฉพาะการพัฒนา agri-tech platforms ที่ล้ำหน้ากว่าไทย

⁷ ข้าวจัสมิน 85 เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวไม่ไวแสงของ IRRI กับข้าวหอมเวียดนามกับ IRRI ร่วมมือพัฒนาพันธุ์นี้จนสำเร็จตั้งแต่ปี 2535

⁸ เดิมราคาส่งออกข้าวหอมมะลิไทยเคยอยู่ที่ 700-800 เหรียญ ตลาดจึงนิยมข้าวหอมมะลิ 105 มากกว่าข้าวหอมเวียดนาม

⁹ รายได้จากการปลูกหอมมะลิ 105 จำนวน 1 ไร่คือ 0.4 ตัน x อัตราการสี (0.6) x 1,200 \$ = 16.8\$ ขณะที่รายได้จากการปลูกข้าวหอมจัสมิน 85 เท่ากับ 0.8 ตัน x 0.6 x 650\$ = 21.2

ข้าวและศูนย์วิจัย ควรเน้นการวิจัยพัฒนาพันธุ์ข้าวตามความต้องการของตลาดสำคัญของไทย เช่นการพัฒนาพันธุ์ข้าวหอมนุ่มที่มีคุณสมบัติเหนือกว่าข้าวจัสมิน 85 เพื่อการแข่งขันในตลาดจีน จริงอยู่ผลผลิตต่อไร่ไม่ได้ผูกยึดติดกับยีนข้าวนุ่ม (อะมิโลสต่ำ) แต่เทคโนโลยีชีวภาพในปัจจุบัน โดยเฉพาะ molecular assisted selection (รวมทั้ง genome จะเอื้ออำนวยให้นักวิจัยสามารถผสมพันธุ์ที่มีคุณสมบัติทั้งสองได้ นอกจากนั้น ยีนความนุ่มก็มีได้ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม (ซึ่งต่างจากยีนความหอม) ดังนั้น จึงเป็นไปได้ที่นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวไทยจะสามารถพัฒนาพันธุ์ข้าวไม่วางแสง ต้นเดี่ยว นุ่ม ตอบสนองต่อปุ๋ย โตเร็ว และอายุสั้นได้ แต่ไทยต้องยกระดับความสามารถในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมให้ใกล้เคียงคู่แข่งและคู่ค้า¹⁰ ข้าวดี คือ ขณะนี้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอมมาลัยแมนที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงข้าวหอมพื้นนุ่ม ST24 ของเวียดนาม (ที่ชนะการประกวดในงานข้าวโลกที่มะนิลา ปี 2562) แต่อายุข้าวยังเกิน 100 วัน จึงต้องมีการเร่งปรับปรุงพัฒนาต่อไป

แต่ข้าวร้าย คือ ในขณะนี้เวียดนามกำลังแย่งตลาดข้าวหอมพื้นนุ่มในแอฟริกาจากไทย (โดยเฉพาะปลายข้าวหอมและข้าวหอมมะลิไทย) ขณะที่เวียดนามมีข้าวหอมพื้นนุ่มพันธุ์ใหม่¹¹ เช่น DT8 (เมล็ดยาว ใส) ที่สามารถขายในแอฟริกาในราคาสูงกว่าจัสมิน 85 แต่ไทยเพิ่งเริ่มต้นตัวพัฒนาพันธุ์ข้าวพื้นนุ่มหลังจากถูกกดดันและร้องเรียนจากสมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย ไทยจึงเริ่มพัฒนาพันธุ์ข้าวพื้นนุ่ม เช่น กข 76 กข 77 และ กข 79 ล่าสุดกรมการข้าวเพิ่งรับรองพันธุ์กข 87 แม้พันธุ์เหล่านี้จะมีคุณสมบัติที่ดี แต่อายุปลูกยังนานกว่า (120-130 วัน) ข้าวหอมพื้นนุ่มของเวียดนาม (ต่ำกว่า 100 วัน) และผลผลิตต่อไร่ยังต่ำกว่าพันธุ์จัสมินและพันธุ์ข้าวนุ่มอื่นๆ ของเวียดนาม สาเหตุหลักเกิดจากระบบวิจัยพันธุ์ข้าวของกรมการข้าวไม่ตอบสนองต่อความต้องการของตลาดโลก¹² เพราะยังเป็นระบบที่

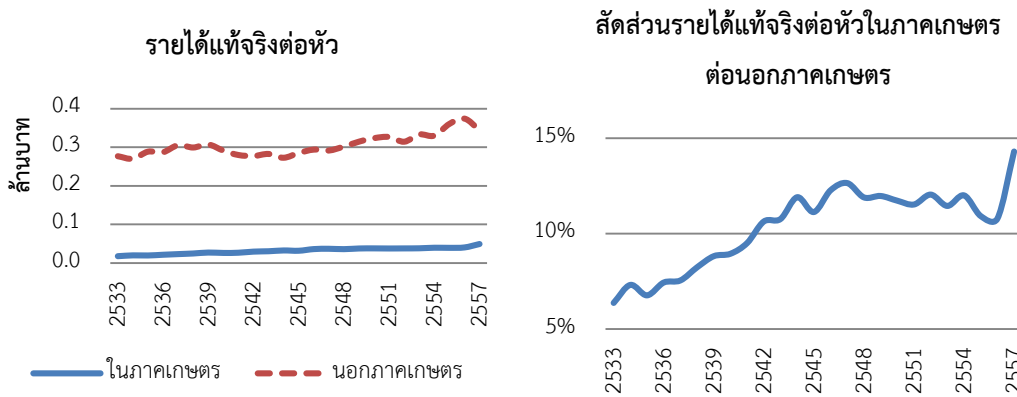
¹⁰ ข้าวจัสมิน 85 เป็นพันธุ์ลูกผสม แต่ระบบปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมของไทยยังไม่เข้มแข็งเท่ากับจีน เวียดนาม อินเดีย หรือแม้กระทั่งฟิลิปปินส์ การปรับปรุงพันธุ์ข้าวของไทยยังเป็นแบบ pure line โดยใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวด้วยมือทั้งแบบดั้งเดิม แบบ induced mutation และการใช้ marker assisted selection แต่ยังไม่มีการใช้ genetic engineering ในการทดลองภาคสนามเพราะข้อจำกัดของกฎหมาย ยกเว้นการใช้ genetic engineering ในการทดสอบหน้าที่ของ gene และยกเว้นกรณีการพิสูจน์ยีนความหอมกับข้าว Japonica ใน green house เมื่อกว่าสิบปีก่อน

¹¹ ในการประกวดพันธุ์ข้าวที่ World Rice Conference ในปี 2562 ข้าวหอมพื้นนุ่มของเวียดนามชนะเลิศ สร้างความตื่นตระหนกให้คนไทย ข้าวพันธุ์นี้คือ Soc Trang (ST24) มีเมล็ดยาวเรียวยาวเฉลี่ย 7.8 มม. เมล็ดใส ไม่ยัดตัวเมื่อหุงสุก อายุสั้น และให้ผลผลิตต่อไร่ถึง 1.36 ตัน/ไร่ ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทดลองปลูกข้าวหอมไทย 7 สายพันธุ์ว่าพันธุ์ข้าวพันธุ์ใด มีศักยภาพที่ดีในการแข่งขันกับข้าวนุ่มของเวียดนาม ผลการศึกษาพบว่าข้าวหอมมาลัยแมนมีศักยภาพในการแข่งขันสูง แต่อายุของข้าวหอมมาลัยแมนยังนานกว่า 100 วัน ส่วนพันธุ์อื่นๆ ยังไม่มีรายงานออกมาเป็นทางการ (“การทดสอบผลผลิตข้าวขาวพื้นนุ่ม ข้าวเหนียว สายพันธุ์ปรับปรุงใหม่” dna.kps.ku.ac.th)

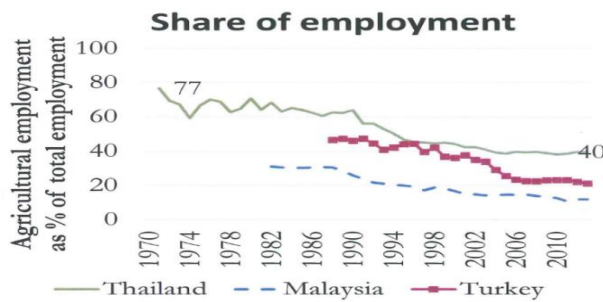
¹² มีผู้เข้าใจผิดเรื่องการตื่นตัวของตลาดเมล็ดพันธุ์ว่าผู้เกี่ยวข้องตอบสนองต่อสัญญาณจากตลาด ดังเช่น การซื้อขายเมล็ดพันธุ์ กข 43 (พันธุ์ข้าวนุ่ม) ในตลาดออนไลน์ (ก) ข้อเท็จจริงคือ การตื่นตัวดังกล่าวมีสาเหตุมาจากการอุดหนุนของรัฐที่กำหนดราคาข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ กข 43 ในราคา 12,000 บาท/ตันที่สูงกว่าราคาตลาดข้าวเปลือกเจ้าชนิดอื่น (8,000-9,000 บาทต่อตัน) ในปี 2561 นอกจากนั้นยังมีการโฆษณาที่บิดเบือนข้อเท็จจริงเรื่องคุณสมบัติของข้าว กข 43 ว่า “เป็นข้าวที่มีน้ำตาลต่ำ” ทั้งๆ ที่ข้อเท็จจริงจากกรมการข้าว คือ

โจทย์วิจัยถูกกำหนดโดยนักวิจัย และข้าราชการชั้นผู้ใหญ่ ยิ่งกว่านั้นกระบวนการรับรองพันธุ์ก็ล่าช้ามาก (นานกว่า 5 ปี) ขณะที่เวียดนามใช้เวลาเพียงครั้งหนึ่ง และการวิจัยพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมของไทยยังอ่อนแอกว่าคู่แข่ง

รูปที่ 1.1 รายได้ต่อหัวภาคเกษตรต่ำกว่านอกภาคเกษตรมาก



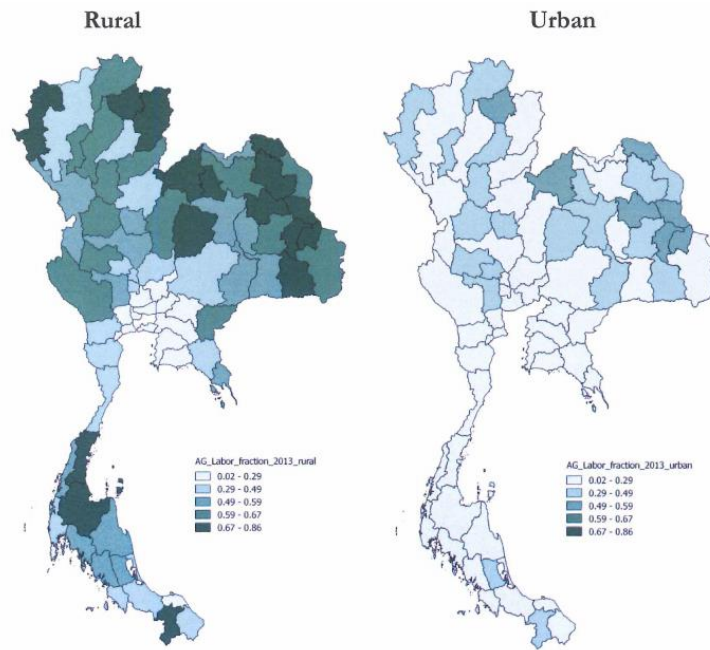
หมายเหตุ เหตุผลหลักคือมีแรงงานเกษตรมากเกินไป



ที่มา: NESDB, LFS-NSO. และ World Bank.

รูปที่ 1.2 คนจนส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร

“เป็นข้าวที่มีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวหอมมะลิ” หรืออีกนัยหนึ่งมีค่า GI ปานกลาง ไม่ใช่ต่ำตามที่โฆษณา ผลคือผู้ค้าข้าวสารรายเล็กต่างพากันโฆษณาว่าข้าว กข 43 สามารถรักษาโรคเบาหวานได้ทำให้ผู้บริโภคเข้าใจผิด จนทำให้องค์การอาหารและยาต้องออกมาปรามการโฆษณาที่เป็นไม่เป็นจริง นอกจากนั้นโรงสีหลายแห่งยังปฏิเสธที่จะซื้อข้าวเปลือกจากชาวนาในราคาที่รัฐกำหนด เพราะมีปัญหาข้าวหักหลังการสีสูงกว่าปกติ ปัญหาข้างต้นทำให้จำนวนชาวนาที่เข้าร่วมโครงการลดลงในปีต่อมา แม้รัฐจะยังอุดหนุนราคาข้าวดังกล่าวแต่ก็ลดราคาอุดหนุนลง (ข) ข้อเท็จจริงที่นักเศรษฐศาสตร์และนักปรับปรุงพันธุ์ยอมรับกัน คือ เกษตรกรไทยและผู้เกี่ยวข้องตอบสนองต่อราคาและสัญญาณตลาดอย่างรวดเร็วมาเป็นเวลานานเพราะระบบค้าข้าวไทยเป็นการค้าเสรีมาตลอด (Benjawan 2007) การตื่นตัวของชาวนาไทยเป็นต้นเหตุให้เกิดการลักลอบนำพันธุ์จีเอ็ม 85 เข้ามาหลายปีแล้วเพราะตลาดไทยไม่มีพันธุ์ข้าวหอมนุ่มที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงจีเอ็ม 85 (ค) อย่างไรก็ตามในหลายปี กรณีความพยายามของรัฐ/ภาคเอกชนในการส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาปลูกข้าวบางชนิดมีกลิ่นหอม นอกจากกรณีข้าว กข 43 ข้างต้นแล้ว ยังมีกรณีความล้มเหลวของสมาคมผู้ส่งออกข้าวไทยในปี 2560 ที่พยายามส่งเสริมให้ชาวนาหันมาปลูกข้าวหอมพื้นนุ่ม (พันธุ์ กข 76 77 79) แต่ชาวนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ดังกล่าวติดปัญหาไม่อาจขายข้าวเปลือกได้ในราคาสูงกว่าข้าวทั่วไป เพราะปัญหาการแยกแยะพันธุ์ข้าวด้วยลักษณะทางกายภาพ ยิ่งกว่านั้นโรงสีส่วนใหญ่ยินยอมนำข้าวเปลือกเจ้าทุกชนิดเทกองรวมกัน เพราะตลาดข้าวที่ใหญ่ที่สุดของไทยเป็นข้าวพื้นแข็ง ส่วนข้าวพื้นนุ่มยังเป็นตลาดที่เล็กมาก สมาคมผู้ส่งออกข้าวพยายามหาทางร่วมมือกับโรงสีบางแห่งในการรับซื้อข้าวเปลือกพื้นนุ่ม แต่ไม่ประสบความสำเร็จเพราะผลผลิตข้าวพื้นนุ่มมีจำนวนไม่มากพอ ปัญหานี้เรียกว่า “coordination failure” ยกเว้นว่าจะมีกลไกความร่วมมือระหว่างผู้ส่งออก โรงสีและเกษตรกรที่สามารถสร้างความมั่นใจและหลักประกันให้ทุกฝ่าย โดยอาจมีรัฐเป็นผู้ช่วยประสานงานและดูแลให้ทุกฝ่ายทำตามข้อตกลง



Fractions of workers in agriculture (LFS 2013 Q3)

คนจนส่วนใหญ่ทั้งในเขตเทศบาลและชนบททำงานในภาคเกษตร

ที่มา: World Bank.

ตารางที่ 1.1 จำนวนสินค้าเกษตรของไทยที่มีดัชนีความสามารถแข่งขัน (RCA) เทียบกับประเทศอาเซียน

คะแนนค่า NRCA และ แนวโน้มค่า NRCA	จำนวน สินค้า		มาเลเซีย	ฟิลิปปินส์	บรูไน	กัมพูชา	อินโดนีเซีย	ลาว	เมียนมา	สิงคโปร์	เวียดนาม
NRCA<0 แต่ NRCA สูงขึ้น	281	ไทยดีกว่า	65	46	38	37	48	37	36	240	51
		เท่ากัน	22	22	22	22	22	22	22	22	22
		ไทยแย่กว่า	194	213	221	222	211	222	223	19	208
NRCA<0 และ NRCA เท่าเดิม	0	ไทยดีกว่า	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		เท่ากัน	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ไทยแย่กว่า	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NRCA<0 และ NRCA ลดลง	535	ไทยดีกว่า	128	83	76	76	86	75	70	470	92
		เท่ากัน	29	29	29	29	29	29	29	29	29
		ไทยแย่กว่า	378	423	430	430	420	431	436	36	414
NRCA>=0 และ NRCA สูงขึ้น	152	ไทยดีกว่า	68	46	46	46	50	46	44	144	53
		เท่ากัน	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		ไทยแย่กว่า	81	103	103	103	99	103	105	5	96
NRCA>=0 และ NRCA เท่าเดิม	36	ไทยดีกว่า	6	4	4	4	4	3	4	26	5
		เท่ากัน	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ไทยแย่กว่า	20	22	22	22	22	23	22	0	21
NRCA>=0 และ NRCA ลดลง	60	ไทยดีกว่า	35	26	24	24	24	23	22	55	23
		เท่ากัน	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		ไทยแย่กว่า	24	33	35	35	35	36	37	4	36

ที่มา: สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย 2561.

วัตถุประสงค์ของบทความฉบับนี้ มี 4 ประการ คือ ก) การอธิบายความหมาย ความสำคัญ และพัฒนาการของเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ ได้แก่ เทคโนโลยีชีวภาพ และเทคโนโลยีดิจิทัลที่เป็นส่วนสำคัญของเกษตร 4.0 หรือเกษตรอัจฉริยะ (farming 4.0) ข) สถานการณ์และตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตรในต่างประเทศ และประเทศไทย ค) ระบุปัจจัยสำคัญที่ผลักดันให้เกิดการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ อธิบายสาเหตุที่เกษตรกรส่วนใหญ่โดยเฉพาะเกษตรกรรายเล็กยังใช้เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ในระดับต่ำ รวมทั้งสาเหตุที่เกษตรกรไทยส่วนใหญ่มีรายได้จากภาคเกษตรในสัดส่วนต่ำ ขณะที่เกษตรกรมีอาชีพมีรายได้ส่วนใหญ่จากการทำเกษตร ความเข้าใจพฤติกรรมของเกษตรกรเป็นเรื่องสำคัญต่อการออกแบบนโยบายสนับสนุนให้เกษตรกรใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่มักทำตามเกษตรกรมีอาชีพที่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากการทดลองทำอะไรใหม่ๆ มีความเสี่ยงสูง และ ง) นโยบายการสนับสนุนให้เกษตรกรใช้เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่

วิธีการศึกษาอาศัยการทบทวนวรรณกรรม การสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้อง และการวิเคราะห์สถิติที่ได้จากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิของหน่วยงานรัฐ

เนื้อหาของบทความฉบับนี้ ประกอบด้วย 4 ตอน ตอนที่ 2 อธิบายความหมายของเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ประกอบด้วยเทคโนโลยีชีวภาพกับเทคโนโลยีดิจิทัล ความแตกต่างระหว่าง precision agriculture กับ farming 4.0 หลังจากนั้นจะสรุปพัฒนาการของเทคโนโลยีชีวภาพและ farming 4.0 รวมทั้งยกตัวอย่างและบรรยายประโยชน์ของเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ใช้ในภาคเกษตรของประเทศพัฒนาแล้ว ตอนที่ 3 อธิบายทฤษฎีการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านนวัตกรรมและสถาบัน และบทบาทของผู้เกี่ยวข้องกับภาคเกษตรในการพัฒนา/ปรับปรุงเทคโนโลยีการเกษตรของไทย รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและความรู้ดังกล่าวในหมู่เกษตรกร ตอนที่ 4 บรรยายสถานการณ์และตัวอย่างการใช้เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ในภาคเกษตรกรรมของไทย และวิเคราะห์เหตุผลที่เกษตรกรไทยส่วนใหญ่ไม่ได้นำเทคโนโลยีสมัยใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งแอปพลิเคชันการเกษตร (agri-tech applications) ตอนที่ 5 วิเคราะห์พฤติกรรมของเกษตรกรไทย คำถามสำคัญที่วิเคราะห์คือ ทำไมครัวเรือนเกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้จากภาคเกษตรในสัดส่วนที่ต่ำ ขณะที่ครัวเรือนเกษตรกรมีอาชีพมีสัดส่วนรายได้ส่วนใหญ่จากการทำเกษตร ความเข้าใจพฤติกรรมนี้มีความสำคัญต่อการออกแบบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ และการส่งเสริมสนับสนุนให้เกษตรกรส่วนใหญ่ตื่นตัวและหันมาใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อเพิ่มรายได้ ตอนที่ 6 เป็นบทสรุป

2. เกษตรสมัยใหม่ : จากเทคโนโลยีชีวภาพสู่เกษตรอัจฉริยะ (farming 4.0)

เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่กำลังก่อให้เกิดการปฏิวัติในภาคเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารของโลกจนถึงขั้นพลิกโฉมโครงสร้างภาคเกษตร และอาหารทั่วโลก การปฏิวัติเทคโนโลยีการเกษตร

หรือการปฏิวัติเขียว (green revolution) ครั้งแรกในทศวรรษ 1960 ทำให้ผลผลิตธัญพืชในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพิ่มขึ้นกว่า 300% ในระหว่างปี ค.ศ. 1961 และ 2004 และช่วยแก้ปัญหาความอดอยากของประชากรโลก ความสำเร็จนี้เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์ธัญพืชที่เป็นอาหารหลัก (ได้แก่ ข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพด) จนได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูง ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมาจากการเปลี่ยนวิธีการทำเกษตรที่ต้องอาศัยน้ำจากระบบชลประทาน การใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืช (World Bank 2008) แต่ขณะนี้ประโยชน์ที่ได้จากการเพิ่มผลผลิตการผลิตเริ่มลดน้อยถอยลง อัตราการเติบโตของผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นช้าลง ระบบเกษตรกรรมของโลกจึงยังไม่สามารถตอบโจทย์การขจัดความหิวโหยของประชากรโลกจำนวน 800 ล้านคน¹³ตามเป้าหมายวาระการพัฒนาอย่างยั่งยืน (2030 Agenda for Sustainable Development) ของสหประชาชาติ ขณะที่โลกกำลังเผชิญความท้าทายใหม่ 4 ด้าน คือประชากรโลกเพิ่มขึ้น ความร่อยหรอของทรัพยากรธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ และปัญหาความเสียหายและการสูญเสียของอาหาร (food loss and waste) ความท้าทายเหล่านี้จะทำให้ปัญหาความอดอยากและการขาดแคลนอาหารทวีความรุนแรงขึ้น แต่มนุษย์สามารถรับมือกับความท้าทายนี้ได้หากทุกฝ่ายสามารถร่วมมือกันแก้ปัญหา ไม่ว่าจะเป็นรัฐ ภาคเอกชน นักลงทุน นักวิจัย โดยการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาป่วนหรือปรับเปลี่ยนแนวทางการผลิตและการกระจายสินค้าเกษตรและอาหาร (De Clercq et al., 2018)

ประการแรก ภายในปี ค.ศ. 2050 โลกจะต้องผลิตอาหารเพิ่มขึ้นอีก 70% เพื่อเลี้ยงประชากรที่จะเพิ่มขึ้นเป็น 10,000 ล้านคน แต่สัดส่วนจีดีพีจากภาคเกษตรทั่วโลกกลับหดตัวลงเหลือแค่ 3% เทียบกับ 9% เมื่อสิบปีก่อน ยิ่งกว่านั้นประชากรในเมืองจะเพิ่มขึ้นอีกอย่างน้อย 2.4 พันล้านคน ภายในปี ค.ศ. 2050 คนเมืองเหล่านี้จะมีรายได้สูงขึ้น ทำให้ความต้องการอาหารแปรรูป ผักผลไม้และเนื้อสัตว์เพิ่มขึ้นมาก โดยความต้องการเนื้อสัตว์จะเพิ่มจาก 36.4 กก.ต่อคนในปี ค.ศ. 1997-99 เป็น 45.3 กก.ต่อคนในปี ค.ศ. 2030 ดังนั้นมนุษย์โลกจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีและวิธีการผลิตแบบใหม่ๆ จึงจะสามารถขจัดปัญหาความอดอยากและบรรเทาปัญหาการขาดแคลนอาหารได้ การเกษตรแบบใหม่จะไม่ใช้การให้น้ำ และใส่ปุ๋ยเท่ากันทุกไร่ แต่จะใช้ทรัพยากรแตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศและดินฟ้าอากาศ การเกษตรสมัยใหม่จะผลิตเนื้อจากพืช ใช้สาหร่ายเป็นอาหารสัตว์ ใช้น้ำทะเลเพาะปลูก รวมทั้งการเกษตรในทะเลทราย การทำเกษตรในแนวตั้งในอาคารสูงในเมืองเพื่อจะได้ไม่ต้องขนส่งสินค้าเกษตรมาจากที่ห่างไกล ประการที่สอง พื้นที่เกษตรในอนาคตจะไม่ใช้ที่ดินที่อุดมสมบูรณ์เหมือนในอดีต นอกจากปัญหาขาดแคลนน้ำแล้ว ที่ดินเกษตรทั่วโลกกว่าร้อยละ 25 กลายเป็นที่ดินเสื่อมโทรม เพราะผลจากการทำเกษตรแบบทำลายทรัพยากรธรรมชาติ และการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำที่ดินมาใช้เพื่อการเกษตร (ประมาณ 80% ของป่าทั่วโลก) ประมาณการว่าภายในปี ค.ศ. 2050 เราต้องลงทุนในระบบน้ำชลประทานอีกไม่น้อยกว่า 1 ล้านล้านเหรียญเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ

¹³ FAO ประมาณการว่าต้องใช้เงินลงทุนเพื่อขจัดความอดอยากดังกล่าวถึง 2.65 แสนล้านเหรียญ

เพื่อการเกษตร ประการที่สาม โลกกำลังเผชิญปัญหาโลกร้อนอย่างไม่เคยเป็นมาก่อน ในรอบ 50 ปีที่ผ่านมาการทำเกษตรและการใช้ที่ดินของมนุษย์เป็นต้นเหตุให้แก๊สเรือนกระจกเพิ่มขึ้นเท่าตัว ผลก็คือการเกิดฝนแล้ง น้ำท่วมบ่อยและรุนแรงขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตการเกษตรทั้งโลกแปรปรวนอย่างหนัก นอกจากนี้ปัญหาความไม่มั่นคงทางอาหารแล้ว การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศยังมีผลกระทบต่อคุณภาพอาหาร และการเข้าถึงอาหารของประชากรที่ยากจน การเกษตรในอนาคตจึงต้องลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกพร้อมๆ กับหาวิธีลดความแปรปรวนของผลผลิตการเกษตรที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ประการสุดท้าย ประมาณการกินว่าร้อยละ 33-50 ของปริมาณอาหารที่ผลิตทั่วโลก (หรือ 1.3 % ของจีดีพีของโลก) กลายเป็นอาหารเน่าเสียที่ต้องโยนทิ้งทิ้งๆ ที่โลกยังมีคนอดอยากถึง 800 ล้านคน อาหารที่เน่าเสียเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมสองด้าน ด้านแรกคือเราต้องใช้น้ำถึงร้อยละ 25 และที่ดินมาผลิตอาหารที่เน่าเสีย ปัญหาด้านที่สองคือ อาหารที่เน่าเสียเหล่านี้เป็นขยะที่ถูกฝังกลบในกองขยะจนก่อให้เกิดแก๊สมีเทนที่ร้ายแรงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 23 เท่า อาหารที่เน่าเสียเหล่านี้กลายเป็นแหล่งกำเนิดของแก๊สเรือนกระจกที่ใหญ่เป็นอันดับสามของโลก รองจากแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในประเทศจีนและสหรัฐอเมริกา ดังนั้นมนุษย์โลกจะต้องแสวงหาทั้งหนทางการใช้เทคโนโลยีเก่าให้เต็มที่ พร้อมๆ กับการสร้างเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อแก้ปัญหาความท้าทายทั้งสี่ประการ

การปฏิวัติเทคโนโลยีการเกษตรรอบใหม่ ซึ่งบางคนเรียกว่าเกษตรอัจฉริยะ หรือ เกษตรชาวนฉลาด หรือ เกษตร 4.0 (agriculture 4.0 หรือ farming 4.0) จะต้องเป็น “การปฏิวัติเขียว” อย่างแท้จริง เป็นการปฏิวัติที่ต้องอาศัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นแกนหลัก

ก่อนที่จะอธิบายพัฒนาการของเกษตรสมัยใหม่ ตอนที่ 2.1 จะอธิบายความหมายของศัพท์สำคัญบางคำ ตอนที่ 2.2 เป็นการสรุปพัฒนาการของเทคโนโลยีชีวภาพ ตอนที่ 2.3 เป็นพัฒนาการของเกษตรอัจฉริยะ (farming 4.0) ตอนที่ 2.4 กล่าวถึงตัวอย่างของ farming 4.0 ในประเทศต่างๆ และตอนที่ 2.5 เป็นเรื่องการแข่งขันของบริษัทข้ามชาติที่เป็นยักษ์ใหญ่ในอุตสาหกรรมเกษตร

2.1 ความหมายของเกษตรสมัยใหม่ และเทคโนโลยีประเภทต่างๆ ในเกษตรสมัยใหม่

ในทศวรรษที่ผ่านมา ประเทศพัฒนาแล้วเริ่มมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ในภาคเกษตรมากขึ้น จนถึงขั้นที่เรียกว่าระบบการผลิตในภาคเกษตรกำลังก้าวสู่สภาวะที่เรียกว่า “เกษตรสมัยใหม่”

แต่เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่มีชื่อเรียกแตกต่างกันในแต่ละประเทศ ในสหรัฐอเมริกา CropLife (สมาคมของบริษัทข้ามชาติด้านเทคโนโลยีเกษตร) อธิบายพัฒนาการของเทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่โดยใช้ศัพท์ที่มีความหมายกว้างๆ คือ “เกษตรสมัยใหม่” สื่อสำนัก EURACTIV และสมาคมผู้ผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรในยุโรป เรียกเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ที่กำลังอุบัติขึ้นในปัจจุบันและอนาคตว่า “farming 4.0” (Lamborelle and Álvarez 2016) ส่วนที่ประชุมสุดยอด World

Government Summit (De Clercq et al., 2018) ใช้คำว่า “agriculture 4.0” หรือ “smart farming” กระทรวงเกษตรของไทยเรียกเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ว่า “เกษตรอัจฉริยะ” (smart farming) แต่ไม่ว่าจะเรียกชื่ออย่างไร เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่จะประกอบด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำ (precision agriculture) ที่อาศัยอุปกรณ์ เครื่องจักรกลการเกษตรและเครื่องมืออัตโนมัติต่างๆ (ที่ใช้ความรู้ฟิสิกส์) และเทคโนโลยีดิจิทัล รวมทั้งเทคโนโลยีสารสนเทศ¹⁴

เกษตรสมัยใหม่ (Modern Agriculture) เป็นศัพท์ที่สมาคมการค้า CropLife ใช้อธิบายวิธีการผลิตส่วนใหญ่ของเกษตรกรอเมริกัน กล่าวคือ ในปัจจุบันกว่าร้อยละ 90 ของเกษตรกรอเมริกัน ใช้นวัตกรรมการผลิตและเทคนิคใหม่ๆ ในการผลิตอาหาร พืชพลังงาน และไฟเบอร์ เพื่อเลี้ยงพลเมืองโลกที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันวิธีการผลิตแบบใหม่นี้ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น “เกษตรสมัยใหม่จึงเป็นการแสดงถึงคำมั่นสัญญาของเกษตรกรที่ใช้นวัตกรรม พร้อมๆ กับความเอาใจใส่ที่จะทำให้ตนสามารถผลิตอาหารเลี้ยงพลเมืองโลก และสามารถตอบสนองความท้าทายด้านต่างๆ ของสังคมโลกได้ในเวลาเดียวกัน....เกษตรสมัยใหม่เป็นการสร้างนวัตกรรม การวิจัยและความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถทำการเกษตรได้อย่างยั่งยืนอย่างเป็นรูปธรรม และผลิตอาหารที่ปลอดภัยในราคาที่ผู้คนหาซื้อได้ ตลอดเวลา 50 ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตรช่วยให้เกษตรกรในสหรัฐอเมริกาเพิ่มผลผลิตอาหารได้หนึ่งเท่าตัว และลดการใช้สารเคมีภายในฟาร์ม เกษตรสมัยใหม่ขณะนี้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างก้าวกระโดดด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและเทคโนโลยีชีวภาพ”¹⁵

เทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology) เป็นการใช้ประโยชน์จากกระบวนการชีววิทยาด้านจุลินทรีย์ หรือระบบชีววิทยาเพื่อการผลิตอาหาร สินค้าและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่จะช่วยยกมาตรฐานชีวิตความเป็นอยู่ของมวลมนุษย์ เทคโนโลยีชีวภาพในความหมายกว้าง คือ วิศวกรรมควบคุม/ดัดแปลงสิ่งมีชีวิตเพื่อประโยชน์ของมนุษย์ บางคนนิยามว่าเทคโนโลยีชีวภาพ หมายถึง ชุดของทักษะในการใช้ประโยชน์จากระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต (living systems) หรือการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางธรรมชาติเพื่อผลิต/ดัดแปลงผลิตภัณฑ์ ระบบ หรือสิ่งแวดล้อมเพื่อช่วยการพัฒนาของมวลมนุษย์ ในปัจจุบันเทคโนโลยีชีวภาพเน้นเรื่องการสร้างยีนลูกผสม (establishment of hybrid genes) และการถ่ายโอนยีนชุดหนึ่งสู่สิ่งมีชีวิตที่ไม่มียีนดังกล่าว (ดูพัฒนาการโดยย่อของเทคโนโลยีชีวภาพข้างล่าง)

¹⁴ เทคโนโลยีสารสนเทศเปรียบเสมือนการเล่นบนคอมพิวเตอร์ ขณะที่เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นการออกแบบเกม

¹⁵ แปลจากนิยามของ CropLife America ซึ่งเป็นสมาคมการค้าของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกอบไปด้วยผู้ผลิต ผู้คิดค้น และผู้ขายส่ง สารกำจัดศัตรูพืช

เกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) คือการบริหารจัดการภายในฟาร์มโดยการสังเกต การตรวจวัด และตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกฟาร์มที่กระทบ ต่อพืชและสัตว์ในฟาร์ม วัตถุประสงค์ของการบริหารจัดการฟาร์มคือการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้ ได้ผลสูงสุด (Optimization) ทำให้เกษตรกรได้กำไรสูงสุด โดยไม่ต้องเพิ่มปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต (ดิน น้ำ ปุ๋ย ยากำจัดศัตรูพืช) และรักษาทรัพยากรในขณะเดียวกัน (McBratney et al., 2005)¹⁶ (ดู คำอธิบายเพิ่มเติมในรูปที่ 2.3) เกษตรแม่นยำเริ่มเกิดขึ้นในช่วงทศวรรษ 1990s (พ.ศ. 2533-2543) โดยการเชื่อมโยงเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตรกับคอมพิวเตอร์ ผ่านการใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้จากจาก GPS และเครื่องวัดต่างๆ (sensors) เกษตรแม่นยำได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องควบคู่กับ พัฒนาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจนกลายเป็นองค์ประกอบสำคัญของ Farming 4.0 ใน ทศวรรษต่อมา

เกษตรอัจฉริยะ (ชาญฉลาด) หรือเกษตรกรรม 4.0 (Farming 4.0 หรือ agriculture 4.0 หรือ smart farming) เป็นการนำเกษตรกรรมในอนาคตที่อาศัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็น แกน เกษตรกรรม 4.0 (Farming 4.0) เริ่มเกิดขึ้นในทวีปยุโรปในทศวรรษ 2000 (หลัง พ.ศ. 2543) เป้าหมายคือ การเพิ่มผลผลิตการเกษตรและอาหารให้พอกับประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น แต่ใช้ปัจจัยการ ผลิตลดลง ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ และลดปัญหาขยะอาหาร¹⁷ เกษตรอัจฉริยะจะเปลี่ยนแปลงระบบเกษตรกรรมและห่วงโซ่อาหารของ โลก จากเดิมที่เกษตรกรให้น้ำ ใส่ปุ๋ยและใช้สารกำจัดศัตรูพืชเหมือนๆ กันทั้งฟาร์ม มาเป็นการใช้ ปัจจัยการผลิตที่แตกต่างกันและเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศในแต่ละพื้นที่ของฟาร์ม ในระดับโลก เกษตรกรสามารถเพาะปลูกในทะเลทราย หรือนำทรัพยากรที่มีราคาถูกลงมาใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็น น้ำทะเล การเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่นำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ หรือพลังงานจากแสงอาทิตย์ ยิ่งกว่านั้น เทคโนโลยีใหม่จะมีผลต่อห่วงโซ่อุปทานของอาหาร เช่น การทำเกษตรแนวตั้งในเมือง การใช้วัสดุหีบ ห่อที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เกษตรกรรมในอนาคตจะเป็น “เกษตรเขียว”

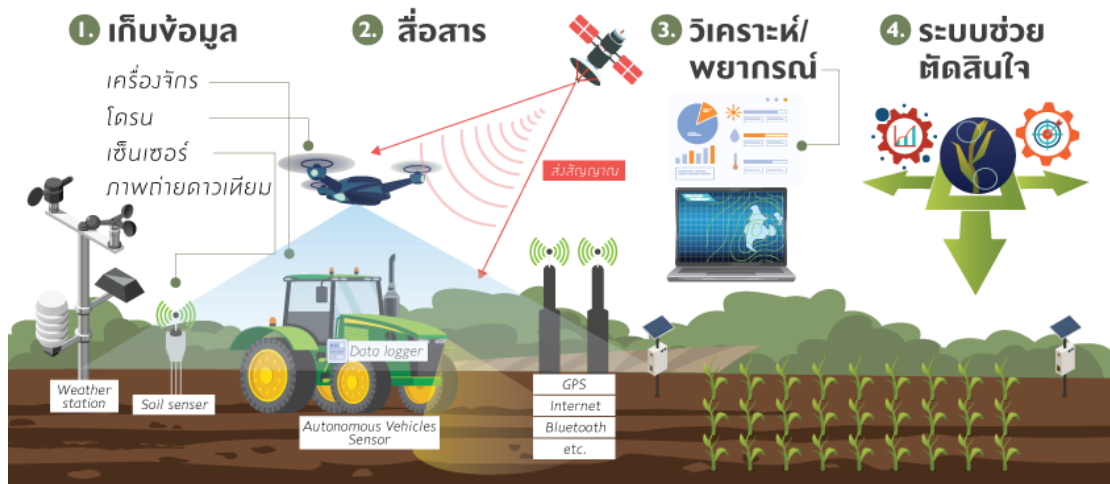
¹⁶ กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกายกตัวอย่าง precision technology เช่น ระบบควบคุมการทำงานของแทรกเตอร์โดยใช้ GPS การใช้ GPS ทำแผนที่ดินและผลผลิตต่อไร่ (GPS yield and soil monitors/maps) การใช้ปัจจัยการผลิตในอัตราที่แตกต่างกัน (variable-rate input application หรือ VRT) เทคโนโลยีแม่นยำเหล่านี้ช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลในแปลงไร่นาที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เพื่อนำมาใช้ปรับแนวทางการผลิตให้เหมาะสม (www.ers.usda.gov>december) เกษตรกรสหรัฐอเมริกาเริ่มใช้เทคโนโลยีสามประเภทนี้ในช่วง ค.ศ. 1998-2013 โดยมีการใช้ GPS guidance systems ในพื้นที่เกษตร 50% และ VRT ในพื้นที่ 20% ในช่วงปี ค.ศ. 2010-13

¹⁷ World Government Summit and Oliver Wyman 2018

Farming 4.0 เป็นระบบช่วยเกษตรกรตัดสินใจ (decision support system: DSS)¹⁸ ที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มีองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ **เทคโนโลยีเก็บข้อมูลทั้งในฟาร์มและนอกฟาร์ม เทคโนโลยีสื่อสารและบริหารข้อมูล และเทคโนโลยีประมวลผลด้านสถิติและซอฟต์แวร์ช่วยการตัดสินใจ** (รูปที่ 2.1 และดูรายละเอียดเพิ่มเติมในตอนที 2.3) ตารางที่ 2.1 เป็นตัวอย่างของอุปกรณ์ที่ใช้ในเทคโนโลยีทั้งสามด้าน

ความก้าวหน้าของ farming 4.0 เกิดจากเทคโนโลยีหลายด้านดังกล่าวแล้ว แต่เทคโนโลยีการเก็บข้อมูลที่สำคัญที่สุดในด้าน hardware ได้แก่ sensors และเทคโนโลยีดิจิทัล/สารสนเทศที่สำคัญ ได้แก่ การพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจ (decision support system) ที่อาศัยข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) ผู้เขียนจึงขออธิบายเทคโนโลยีทั้งสองและประเภทของข้อมูลทั้งภายในและภายนอกฟาร์มเพิ่มเติมดังนี้

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบสำคัญของเทคโนโลยีดิจิทัลและการสื่อสารใน Farming 4.0



ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างอุปกรณ์เทคโนโลยีเก็บข้อมูล สื่อสารข้อมูล และประมวลผล

เทคโนโลยี	ตัวอย่างอุปกรณ์
เทคโนโลยีเก็บข้อมูล	sensors, drone, satellite (รวมทั้ง GPS ที่ให้ข้อมูลที่ตั้งและเวลาแก่เครื่องรับ GPS บนโลกหรือใกล้โลก)
เทคโนโลยีสื่อสาร และบริหารข้อมูล	Internet, intranet, คลื่นวิทยุ, ดาวเทียม (microwave)
เทคโนโลยีประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูล	Algorithm, software, cloud computing, AI

¹⁸ DSS หรือ decision support system เป็นระบบสารสนเทศ (หรือซอฟต์แวร์) ที่ช่วยการตัดสินใจของธุรกิจหรือองค์กร ทั้งในด้านการจัดการ การปฏิบัติการ และการวางแผน โดยช่วยตัดสินใจแก้ปัญหที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและเป็นปัญหาที่ไม่อาจระบุได้ล่วงหน้า หรืออีกนัยหนึ่งเป็นปัญหาการตัดสินใจที่ไม่มีโครงสร้างแน่นอน หรือแบบผสม (unstructured or semi-structured decision problems) และดูความหมายพัฒนาการ และตัวอย่างของ decision support system ใน en.m.wikipedia.org

เซนเซอร์ คือเทคโนโลยีการรับรู้ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบอัตโนมัติ (autonomous system) ประกอบไปด้วยความรู้และการรับสัญญาณข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ (น้ำ ดิน) ภูมิอากาศ (ฝน แดด ความชื้น) การทำแผนที่ การเฝ้าสังเกตพืช (ทั้งจากภาคสนามและจากดาวเทียม) เซนเซอร์ภาพถ่ายจากกล้องที่มีความก้าวหน้ามาก (เช่นภาพถ่ายดาวเทียมประกอบกับโปรแกรมประมวลผลภาพสมัยใหม่จะมีความละเอียดเล็กกว่า 30 เซนติเมตร) ขณะที่เซนเซอร์ดินแบบพกพาได้หรือติดตั้งในรถไถได้ในปัจจุบันสามารถใช้การรับความถี่แสงในช่วงสีที่มองไม่เห็นด้วยตาและอินฟราเรดเพื่อหาปริมาณธาตุอาหารของพืช ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น เป็นต้น เซนเซอร์ในดินสามารถตรวจวัดธาตุไนโตรเจนได้เพราะเป็นธาตุที่ตรวจสอบได้ง่ายที่สุด ส่วนการใช้เซนเซอร์วัดธาตุอื่นๆ ยังอยู่ในช่วงการพัฒนาให้ใช้ได้จริงในภาคสนาม เนื่องจากมีข้อจำกัดจากความเสียหายของอุปกรณ์ที่เกิดจากความชื้น ความหยาบของดิน และพีชคลุมดิน¹⁹ นอกจากนี้ยังมีเซนเซอร์ชีวภาพ นาโนเซนเซอร์ และเซนเซอร์เสียงที่นิยมใช้กับปศุสัตว์ เพื่อเก็บข้อมูลพฤติกรรม สุขภาพ โรค หรือเพื่อควบคุมคุณภาพนมในโค ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปประมวลผลและแสดงผลในระบบช่วยตัดสินใจของผู้จัดการฟาร์ม เช่น บนโทรศัพท์มือถือ²⁰

ระบบช่วยตัดสินใจ (Decision Support System): ระบบช่วยตัดสินใจเป็นหัวใจของ Farming 4.0 วัตถุประสงค์หลักของ Farming 4.0. คือ การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสร้างระบบการตัดสินใจเกษตรกรเพื่อให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้มากที่สุด ในปัจจุบันหมายรวมถึงการเพิ่มคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร การใช้ปัจจัยการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ และการลดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ ดิน น้ำ และอากาศ ระบบช่วยตัดสินใจใน Farming 4.0 ได้มีพัฒนาการจนมีความซับซ้อนจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหลายแขนงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีสมองกล (AI) จนมีระบบการทำงานที่มีศักยภาพสูงกว่าเกษตรกรแม่นยำ

ระบบช่วยตัดสินใจมีหน้าที่ในการวิเคราะห์ แสดงข้อมูลและผลวิเคราะห์ ให้ทางเลือกแก่เกษตรกรในการแก้ไขหรือควบคุมการผลิต รวมทั้งการคาดเดาอนาคตเพื่อใช้วางแผน ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 หน้าที่และตัวอย่างของระบบช่วยตัดสินใจ

หน้าที่ของระบบช่วยตัดสินใจ	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
1. วิเคราะห์ข้อมูล	การประมวลผลข้อมูลดิบให้เป็นข้อมูลความรู้ด้วยโปรแกรม การวิเคราะห์อาจเป็นการแสดงผลสรุป หรือซับซ้อนกว่านั้น เช่น การใช้ machine learning	ระบบคัดแยกเกรดผลผลิตอัตโนมัติ เช่น คัดแยกผลไม้ตามสี ลักษณะผิว รอยขีด โรค ความหวาน หรือสารอาหารอื่น โดยการใช้กล้อง NIS (near-infrared spectrophotometer) และ

¹⁹ Bo Sternberg et al. 2010

²⁰ Suresh Neethirajan 2017

หน้าที่ของระบบช่วยตัดสินใจ	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
		โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่เกษตรกรตั้งค่ากลุ่มคุณภาพที่ต้องการ (ทั่วโลก)
2. คาดเดาอนาคต	การพยากรณ์ เพื่อลดความเสี่ยงในการเพาะปลูก เช่น การพยากรณ์อากาศ (ฝน ลม) และ การประมาณการผลผลิตในฟาร์ม	แอปพลิเคชันพยากรณ์การใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด (ETO App) คำนวณด้วยข้อมูลสภาพอากาศจากเซนเซอร์ในฟาร์มและค่าสัมประสิทธิ์ของพืชในแต่ละช่วงเวลาเติบโต ระบบให้น้ำอัตโนมัติจะใช้ข้อมูลพยากรณ์ในการวางแผน บริษัท Netafim ให้บริการแอปพลิเคชันนี้ฟรี เมื่อติดตั้งสถานีอากาศในฟาร์มและระบบให้น้ำแม่นยำด้วยวิธี drip irrigation (อิสราเอล)
3. ช่วยการตัดสินใจ	การแสดงผลข้อมูลเพื่อการตัดสินใจมี 2 ประเภท คือ การแสดงข้อเท็จจริงภายในฟาร์ม เพื่อนำไปประกอบการตัดสินใจ หรือการแสดงผลคำแนะนำวิธีปฏิบัติ	ระบบ Soil Navigator ให้คำแนะนำพืชที่เหมาะสมกับชุดดินในฟาร์ม ระบบทำการเก็บข้อมูลดินในฟาร์ม แล้ววิเคราะห์ความสามารถของดินในแต่ละบทบาท* จากนั้นนำผลมาประมวลร่วมกับบทบาทดินที่เกษตรกรต้องการ โปรแกรมจะค้นหาแผนเพาะปลูกที่ดีที่สุดให้เกษตรกรเลือก (โครงการ LANDMARK ของสหภาพยุโรป)

* บทบาทของดินใน Soil Navigator มี 5 อย่าง ได้แก่ การสร้างผลผลิตภาพ การทำให้น้ำบริสุทธิ์ขึ้น (เพื่อใช้ในการปลูกพืชออร์แกนิก) การกักเก็บคาร์บอน การเป็นที่อาศัยของสัตว์และจุลินทรีย์ และการผลิตธาตุอาหารให้พืช

ที่มา: รวบรวมโดยผู้วิจัย, Kawano 2016, Tamburini 2017, Netafim, <http://www.soilnavigator.eu/>, Debeljak 2019

ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้การทำงานของระบบช่วยตัดสินใจเป็นไปได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ประกอบด้วยข้อมูลตามเวลาจริง Real Time ที่มีความละเอียดสูงทางกายภาพและชีวภาพ (bio-physical) ทั้งภายในฟาร์มและภายนอกฟาร์ม ดังนี้

(1) ข้อมูลภายในฟาร์ม เช่น

- สภาพดิน เช่น เนื้อดิน ความลึก ความชื้นในดิน ระดับไนโตรเจน และแร่ธาตุอื่นๆ
- สภาพน้ำ เช่น ปริมาณน้ำ แห้งน้ำ คุณภาพของน้ำ ค่า pH
- สภาพของพืช เช่น เชื้อโรค ศัตรูพืช วัชพืช ผลผลิตที่ได้ และสถานะของพืช เช่น กำลังออกดอกออกผล เป็นต้น
- ระบบการบริหารจัดการฟาร์ม เช่น ระบบส่งน้ำ พลังงานที่ใช้ เครื่องจักร แรงงาน ค่าเช่า เป็นต้น

(2) ปัจจัยภายนอกฟาร์ม ได้แก่

- สภาพอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน ความชื้น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความเร็วและทิศทางลม
- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในอาณาบริเวณ

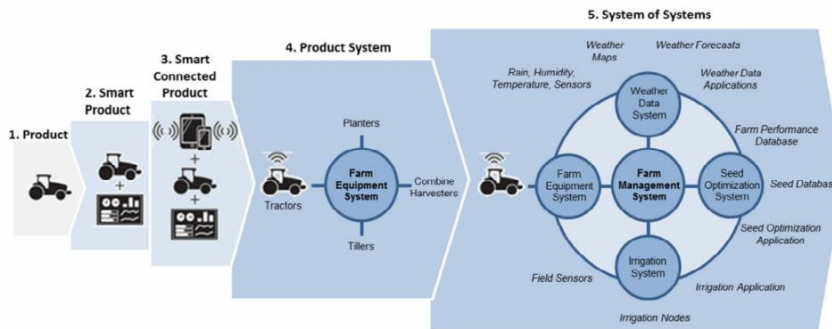
- ปริมาณและคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำภายนอก เช่น น้ำที่สามารถใช้การได้ ข้อมูลจากระบบจัดการน้ำ ข้อมูลน้ำฝน
- สภาพตลาด เช่น ราคาปัจจัยการผลิต และราคาผลผลิต ความต้องการของตลาด/ผู้บริโภค ทั้งในเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ
- ข้อมูลทางเศรษฐกิจสังคม (socio-economic) เช่น จำนวนเกษตรกรและแรงงาน ลักษณะประชากรของครัวเรือนเกษตรกร ฯลฯ

พัฒนาการระยะแรกของ Farming 4.0 เกิดจากการใช้เทคโนโลยีการเกษตร (Farming Technology หรือ Agritech) เพียงด้านใดด้านหนึ่ง (เช่น การใช้ GPS ควบคุมการทำงานของรถไถดง ในรูปที่ 2.2) แต่ปัจจุบัน farming 4.0 พัฒนามาเป็น “ระบบเชิงซ้อน” ที่ประกอบขึ้นด้วยระบบเทคโนโลยีหลายระบบซ้อนกัน (System of systems ดังรูปที่ 2.2) รวมทั้งการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้ เช่น การใช้ข้อมูลจากดาวเทียมพยากรณ์อากาศ การใช้ GPS, soil monitors และ VRT²¹ เป็นต้น ดังนั้น Farming 4.0 จึงต่างจาก “เกษตรแม่นยำ” ที่เน้นเฉพาะการวัดปริมาณ (measurement) เพื่อการใช้ปัจจัยการผลิตอย่างแม่นยำเพียงมิติเดียว ขณะที่ Farming 4.0 เป็นมากกว่าการเพิ่มความแม่นยำในการทำเกษตร เนื่องจากมีการใช้ข้อมูลหลายมิติและเทคโนโลยีที่สลับซับซ้อนหลายๆ ด้านมาวิเคราะห์เพื่อสร้างระบบช่วยตัดสินใจให้เกษตรกรแบบองค์รวม ทำให้ส่วนต่างๆ ของกระบวนการผลิตในฟาร์มมีความสอดคล้องกันและเชื่อมโยงกัน โดยมีแอปพลิเคชัน (Application) เป็นเครื่องมือที่ควบคุมการทำงานของระบบเหล่านี้ผ่านการสื่อสารข้อมูลและคำสั่ง²² แล้วประมวลผลออกมาเป็นระบบที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจได้ถูกต้อง แม่นยำ ทันทีทันที่ รวมถึงการพยากรณ์และป้องกันปัญหาได้ล่วงหน้า

รูปที่ 2.2: เกษตร 4.0: จากผลิตภัณฑ์เดียว (product) สู่อะบบของระบบ

²¹ Variable Rate Technology คือการให้ปัจจัยแบบแปรผัน ในระยะแรกของการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำยังไม่มีเทคโนโลยีสื่อสารข้อมูลและระบบวิเคราะห์และคำสั่งอัตโนมัติ ทำให้ต้องใช้แรงงานทั้งหมดและเครื่องกลมาก ต่อมาเมื่อ Farming 4.0 พัฒนาขึ้นมา ทำให้ VRT ใช้แรงงานลดลงและประมวลผลได้รวดเร็วขึ้น

²² ตัวอย่างระบบของระบบ Farming 4.0 ได้แก่ การประมวลผลข้อมูลเพื่อสร้างคำสั่งโดยอัตโนมัติ ด้วยการนำข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆ (เช่น เซนเซอร์ไวแสง เซนเซอร์ความชื้น) ประกอบกับข้อมูลสภาพแวดล้อมอื่นๆ ซึ่งอาจมาจากแหล่งข้อมูลอื่น เช่น ข้อมูลสภาพอากาศจากดาวเทียม เพื่อสร้างชุดคำสั่งสำหรับควบคุมกลไกหุ่นยนต์ หรือระบบน้ำของฟาร์ม เป็นต้น



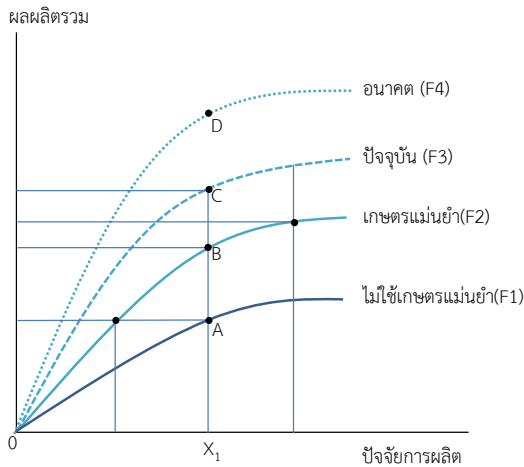
ที่มา : IDATE based on Harvard Business Review.

รูปที่ 2.3 เป็นการใช้นวัตกรรมเศรษฐศาสตร์อธิบายความสัมพันธ์และผลกระทบของเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ต่อผลผลิตด้านเกษตรกรรม สมมุติว่า เส้น F3 คือฟังก์ชันการผลิต²³ ที่แสดงปริมาณผลผลิตสูงสุดที่เป็นไปได้ทางด้านเทคนิคเมื่อมีการใช้ปัจจัยการผลิต (เช่น ปุ๋ย) ในปริมาณต่างๆ เนื่องจากข้อจำกัดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ชีววิทยา ภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีพันธุ์พืชในขณะใดขณะหนึ่งจะมีสมรรถภาพสูงสุดของผลผลิตในระดับหนึ่ง (efficacy) เช่น ถ้าใช้ปุ๋ย OX_1 หน่วย จะได้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ X_1C หน่วย แต่ในข้อเท็จจริงเกษตรกรที่ใช้ปุ๋ย OX_1 หน่วย อาจได้ผลผลิตเพียง X_1A หน่วย (ตามฟังก์ชัน F1) เพราะเกษตรกรอาจใช้ปุ๋ยไม่เหมาะสม ไม่ถูกเวลา ใช้น้ำน้อยเกินไป ฯลฯ เกษตรแม่นยำจะช่วยให้เกษตรกรได้ผลผลิตสูงขึ้นตามเส้น F2 กล่าวคือ เมื่อใช้ปุ๋ย OX_1 อย่างถูกต้อง จะได้ผลผลิต X_1B สาเหตุที่เส้น F2 สูงกว่า F1 เพราะความแม่นยำของเทคโนโลยีแต่อย่างไรก็ตามโปรดสังเกตว่าเส้น F2 ยังต่ำกว่า F3 ทั้งนี้เพราะเทคโนโลยีแม่นยำ (รวมทั้งการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล) ยังไม่สามารถควบคุมสภาพการผลิตให้อยู่ในระดับเดียวกับสมรรถนะสูงสุดของพันธุ์พืช (F3) ตามผลการวิจัยที่ควบคุมปัจจัยต่างๆ ในสถานทดลอง

แต่ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตรและ Farming 4.0 จะช่วยแก้ไขข้อจำกัดด้านชีววิทยาและสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น ผลที่ตามมาคือฟังก์ชันการผลิตจะขยับจากเส้น F3 เป็นเส้น F4 (เช่นมีเกิดพันธุ์พืชชนิดใหม่ที่ต้านทานอากาศแล้งได้) ดังนั้น การใช้ปุ๋ยจำนวนเท่าเดิม (OX_1) จะทำให้สมรรถนะสูงสุดของผลผลิตเพิ่มเป็น X_1D

²³ ฟังก์ชันการผลิต (production function) เป็นแนวคิดเศรษฐศาสตร์จุลภาค ที่พัฒนาจากแนวคิดด้านวิศวกรรมที่ระบุปริมาณผลผลิตสูงสุดทางเทคนิค (technical efficiency) ที่จะได้จากการใช้ปัจจัยการผลิตในระดับต่างๆ โดยสมมุติว่าปัจจัยอื่นๆ คงที่ รวมทั้งความรู้ทางเทคโนโลยีที่มีอยู่ในขณะใดขณะหนึ่ง

รูปที่ 2.3 กราฟฟังก์ชันผลผลิต เมื่อมีเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำ และเทคโนโลยีชีวภาพ



2.2 พัฒนาการเทคโนโลยีชีวภาพ กับการปฏิวัติเขียว

การปฏิวัติเขียวครั้งที่ 1 ที่เกิดในทศวรรษ 1960²⁴ เป็นการปรับปรุงพันธุ์อาหารหลักของมนุษย์เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไร่ โดยใช้เทคโนโลยีการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงกับพันธุ์ที่มีคุณสมบัติตามความต้องการของนักปรับปรุงพันธุ์ (เช่น ต้นเตี้ย ไม่ไวแสง) พันธุ์ใหม่ดังกล่าวสามารถให้ผลผลิตต่อไร่สูงจะต้องใช้ปุ๋ย และใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ดังนั้นรัฐบาลในประเทศต่างๆ จึงต้องลงทุนพัฒนาระบบชลประทาน และการส่งเสริมการเกษตร ตัวอย่างเช่น ข้าวมหัศจรรย์ (IR8) ที่พัฒนาโดยสถาบันวิจัยข้าวระหว่างประเทศ (International Rice Research Institute) ข้าว IR8 เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ให้ผลผลิตสูงของอินโดนีเซีย กับพันธุ์ข้าวต้นเตี้ยของไต้หวัน ทำให้ข้าว IR8 เป็นข้าวต้นเตี้ย ไม่ไวแสง และให้ผลผลิตต่อไร่สูง ผลสำคัญของการปฏิวัติเขียวครั้งแรกคือการแก้ปัญหาการอดอยากของประชากรในประเทศยากจนและประเทศกำลังพัฒนา²⁵

ในระยะแรกของการปฏิวัติเขียวครั้งที่ 1 หลังจากที่นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่ IRRI ประสบความสำเร็จในการพัฒนาข้าวพันธุ์ IR8 ประเทศไทยก็นำข้าวพันธุ์ IR8 มาส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิต²⁶ แต่พันธุ์ข้าว IR8 ไม่ได้ได้รับความนิยมในหมู่ผู้บริโภค กรมการข้าวต้องใช้เวลาผสมพันธุ์

²⁴ อันที่จริงการปฏิวัติเขียวครั้งแรกเริ่มต้นโดยมูลนิธิ Rockefeller ตั้งแต่ทศวรรษ 1940 แต่เริ่มก่อให้เกิดผลกระทบขนาดใหญ่ต่อผลผลิตการเกษตรทั่วโลกในทศวรรษ 1960 หลังจากที่ศูนย์วิจัยระหว่างประเทศด้านการเกษตรร่วมมือกันส่งเสริมพันธุ์พืชชนิดใหม่

²⁵ ศาสตราจารย์ Norman Borlaug นักปฐพีวิทยาชาวอเมริกันเป็นผู้พัฒนาข้าวสาลีหลายพันธุ์ที่มีลักษณะต้นเตี้ย แต่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงและต้านทานโรค เขาทุ่มเทพยายามพันธุ์ข้าวสาลีที่ให้ผลผลิตสูง และวิธีการเพาะปลูกในเม็กซิโก ปากีสถาน อินเดีย ทำให้แก้ปัญหาความอดอยาก และสร้างความมั่นคงด้านอาหาร ศ. Borlaug ได้รับรางวัลโนเบลสาขาสันติภาพในปี 1970

²⁶ เนื่องจากข้าวไทยแต่เดิมนั้นมีต้นที่สูงเพราะวิวัฒนาการมาในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำท่วมมาก แต่ต่อมาสภาพแวดล้อมได้เปลี่ยนไป มีการพัฒนาระบบชลประทาน ทำให้ข้าวพันธุ์สูงนั้นล้มและเสียหาย รวมทั้งพืชพันธุ์เตี้ยมีผลผลิตโดยรวมมากกว่า เพราะใช้ทรัพยากรน้ำและธาตุอาหารในการยึดตัวของต้นพืชน้อยกว่า

ข้าว IR8 กับข้าวพื้นเมืองหลายพันธุ์จนได้พันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพหลังหุงต้มที่ถูกปากผู้บริโภคไทย ดังนั้น ภูมิวิถีชีวิตในไทยจึงเกิดขึ้นล่าช้ากว่าประเทศอื่นๆ ในเอเชีย อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันการพัฒนาพันธุ์ข้าวในประเทศไทยประสบปัญหาไม่สามารถยกระดับผลตอบแทนผลผลิตต่อไร่ได้มากนัก²⁷ และระบบการปรับปรุงพันธุ์ของหน่วยงานรัฐยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้ดีเท่ากับคู่แข่งอย่างเวียดนาม โดยเฉพาะการพัฒนาพันธุ์ให้เป็นข้าวพื้นนุ่มตรงกับความต้องการของผู้บริโภคชาวจีน และมีผลผลิตต่อไร่สูง ประเด็นท้าทายสำหรับระบบวิจัยของรัฐ คือ การเพิ่มการลงทุนวิจัยพัฒนา และการปรับปรุงระบบการวิจัยให้สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดต่างๆ และเพิ่มผลผลิตต่อไร่อย่างจริงจัง

การปฏิวัติเขียวครั้งที่ 2 ที่กำลังเกิดขึ้นในขณะนี้เป็นการใช้เทคโนโลยีชีวภาพด้านพันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering) เพื่อพัฒนาพันธุ์พืชที่ทนต่อความแปรปรวนของภูมิอากาศ ด้านทานศัตรูพืช หรืออีกนัยหนึ่งเป็นการผดุง หรือแม้กระทั่งเพิ่มผลิตภาพการผลิตในพื้นที่การเกษตรที่ประสบภาวะอากาศที่เลวร้าย (ดูคำอธิบายเพิ่มเติมในรูปที่ 2.3 ข้างล่าง) รวมทั้งการพัฒนาพันธุ์พืชเพื่อประโยชน์ด้านโภชนาการ มีคุณภาพ สี กลิ่น และลักษณะตามความต้องการของผู้บริโภค²⁸ การปฏิวัติเขียวครั้งที่ 2 จึงประกอบด้วยแผนงานที่บูรณาการการเกษตรทุกมิติ ตั้งแต่ลักษณะ/คุณภาพของดิน เมล็ดพันธุ์ การใช้ปัจจัยการผลิตต่างๆ เขตกรรม (cultural or farming practices) การแปรรูปเป็นอาหาร การเพิ่มมูลค่า และการตลาด

นอกจากเทคโนโลยีชีวภาพแล้ว การปฏิวัติเขียวในปัจจุบันอาศัยองค์ความรู้และเทคโนโลยีอื่นอีกหลายด้าน เป็นตัวผลักดันให้เกิดความเป็นไปได้ใหม่ๆ ในการทำเกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (ดังที่อธิบายในตอนที่ 2.1 และ ตอนที่ 2.3 พัฒนาการ Farming 4.0) จนถึงการสังเคราะห์ความรู้ใหม่ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลายสาขา ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเหล่านี้ยังคงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและอย่างก้าวกระโดด ส่งผลให้มนุษย์สามารถตัดแปลงข้อจำกัดเดิมของธรรมชาติเพื่อตอบสนองต่อปัญหาและความต้องการของมนุษย์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

พัฒนาการเทคโนโลยีชีวภาพ: ในยุคก่อนประวัติศาสตร์ เทคโนโลยีชีวภาพแบบโบราณ เกิดจากการที่มนุษย์ผสมพันธุ์ (cross pollination or cross-breeding) เพื่อให้ได้พันธุ์พืช และพันธุ์สัตว์ที่มีคุณภาพดีขึ้น รวมทั้งการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ต่างๆ เพื่อผลิตอาหาร เช่น เนย โยเกิร์ต ขนมปัง เบียร์ ไวน์ กระแจะ ฯลฯ (Bhatia, 2020)

เทคโนโลยีชีวภาพที่เก่าแก่ที่สุด ได้แก่ การเลี้ยงสัตว์ที่เกิดขึ้นกว่า 10,000 ปีที่แล้วก่อนคริสต์ศักราช และพืชยุคต้นๆ ที่มนุษย์นำมาปลูก คือ ข้าวบาร์เลย์ และข้าวสาลี มนุษย์นำสัตว์ป่ามา

²⁷ <http://www.arda.or.th/datas/riceconref2.pdf>

²⁸ ICID Foundation Day Seminar, en.wikipedia.org

เลี้ยงเพื่อเอาเนื้อ นม และขนสัตว์ รวมทั้งการใช้จุลินทรีย์ผลิตเนย เครื่องดื่ม แอลกอฮอล์ ต่อมามีการค้นพบ (โดยบังเอิญ) ว่าจุลินทรีย์ (เช่น แบคทีเรีย ยีสต์) สามารถย่อยสลายน้ำตาล จึงเกิดกระบวนการหมักขึ้น หลุยส์ ปาสเตอร์ (Pasteur) เป็นคนแรกที่ค้นพบหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ของกระบวนการหมัก (ซึ่งเป็นจุดกำเนิดของทฤษฎีเชื้อโรค และวิทยาศาสตร์หลายแขนง) ยาสมัยโบราณและสมุนไพรก็ล้วนเป็นผลิตภัณฑ์จากเทคโนโลยีชีวภาพ เช่น น้ำผึ้งที่ใช้สมานแผล คนจีนใช้เต้าหู้รักษาฝี ต่อมาในปี 1928 Alexander Fleming ก็สกัดเพนิซิลลินที่เป็นยาปฏิชีวนะกลุ่มแรก ในปลายทศวรรษที่ 18 ก็มีพัฒนาการของเทคโนโลยีชีวภาพด้านการปลูกพืชหมุนเวียน โดยใช้พืชตระกูลถั่ว การผลิตวัคซีน และการใช้สัตว์ในการลากจูง/ทำงานเกษตร²⁹

การค้นพบครั้งสำคัญ คือความรู้ใหม่ด้านชีววิทยาในปลายคริสต์ศตวรรษ 19 ได้แก่ (ก) การศึกษากระบวนการหมักและพัฒนาการของจุลินทรีย์ โดย Robert Koch, Pasteur, Joseph Lister (ข) การศึกษาเรื่องพันธุกรรมของ Gregor Mendel (ดูรูปที่ 2.9) ที่พบว่ายีน (gene) คือ ปัจจัยสำคัญในการถ่ายทอดพันธุกรรม แต่กว่าที่จะมีการวิจัยที่พิสูจน์ว่ายีนประกอบด้วย DNA ก็กินเวลาอีก 90 ปี³⁰

การค้นพบ DNA เป็นความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ครั้งสำคัญที่ทำให้เทคโนโลยีชีวภาพกลายมาเป็นเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ ความรู้เรื่องนี้สลับซับซ้อนขึ้น และขยายขอบเขตพรมแดนความรู้ไปสู่วิทยาศาสตร์แขนงต่างๆ ความรู้เหล่านั้นถูกนำไปใช้ในการวงการต่างๆ ทั้ง เกษตรกรรม การแปรรูปอาหาร การแพทย์ อุตสาหกรรม (เช่น การหมักนำไปสู่การพัฒนาตัวทำละลายในอุตสาหกรรมสี การใช้แป้งทำอะซิโตนในอุตสาหกรรมเคมี ตลอดจนการใช้ผลผลิตส่วนเกินจากภาคเกษตรทดแทนผลิตภัณฑ์จากปิโตรเคมี ฯลฯ)

โดยสรุปเทคโนโลยีชีวภาพอาจแยกออกเป็น 4 แขนง คือ (ก) green biotechnology ที่ประยุกต์ใช้ในภาคเกษตร และอาหาร (ข) red biotechnology ในวงการยา เช่น การใช้ stem cells ทดแทนเนื้อเยื่อที่เสียหาย การผลิตยาชนิดใหม่ๆ (ค) blue biotechnology ที่ครอบคลุมกระบวนการด้านสิ่งแวดล้อมในทะเล เช่น การควบคุมจุลินทรีย์ที่เป็นพิษในน้ำ และ (ง) white or grey biotechnology ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม เช่น การผลิตสารเคมีชนิดใหม่ การพัฒนาเชื้อเพลิงชนิดใหม่สำหรับเครื่องยนต์ เป็นต้น

²⁹ อันที่จริงคนจีนคิดค้นวิธีการไถนาด้วยผานสัมฤทธิ์และการใช้สัตว์ไถนามาตั้งแต่ 1,600–1,400 ปีก่อนคริสตกาล ทำให้สามารถเพาะปลูกพืชเป็นแนวและพรวนดินแบบประณีต ค้นไถยังช่วยกำจัดวัชพืชออกได้ (Robert Temple, *The Genius of China: 3,000 Years of Science, Discovery and Invention*, Carlton Publishing Group, 2006)

³⁰ สาเหตุหนึ่งเพราะไม่มีใครสนใจงานของ Mendel เพราะในเวลานั้นนักวิทยาศาสตร์ต่างตื่นเต้นและสนใจกับงานของ Charles Darwin นี่คือเหตุผลที่ Mendel ไม่เคยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยเลย แต่ก่อนเสียชีวิตเขากล่าวว่า “My time will come.”

การปรับปรุงพันธุ์ (Plant Breeding) มีพัฒนาการมาตั้งแต่ 12,000 ปีก่อน จากการคัดเลือกพันธุ์พืชและสัตว์เริ่มต้นเมื่อมนุษย์นำพืชมาเพาะปลูกเอง เนื่องจากมนุษย์ต้องการควบคุมปริมาณและลักษณะของผลผลิตให้สูงขึ้น ตัวอย่างที่ชัดเจนคือ การคัดเลือกพันธุ์พืชชนิดต่างๆ และการขยายพันธุ์โดยวิธีทาบกิ่ง ตอนกิ่ง ที่มีการใช้มานานมากกว่า 4,000 ปี³¹ นับว่าเป็นวิศวกรรมพันธุกรรมโดยวิธีธรรมชาติเพราะมีการถ่ายทอดสารพันธุกรรมและสารอื่นระหว่างต้นเดิมและต้นใหม่

การศึกษาพันธุกรรมของพืชด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพิ่งเริ่มต้นขึ้นเมื่อประมาณ 200 ปีที่แล้วจากการคิดค้นกฎของเมนเดล ในปีค.ศ.1860 (รูปที่ 2.4) ทำให้เกิดองค์ความรู้ทางพันธุศาสตร์ ซึ่งหมายถึงการศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และลักษณะต่างๆ จากรุ่นสู่รุ่น พันธุศาสตร์ได้รับการพัฒนาควบคู่ไปกับองค์ความรู้และเทคนิคใหม่ๆ ของการวิจัยวิทยาศาสตร์³² ทำให้มีความแม่นยำมากขึ้นจนถึงได้ว่าเป็นพันธุวิศวกรรม พัฒนาการดังกล่าวเป็นกำเนิดขององค์ความรู้ใหม่ที่เรียกว่าจีโนมิกส์ (Genomics) ซึ่งเป็นการศึกษาจีโนม หรือรหัสพันธุกรรมทั้งหมดของสิ่งมีชีวิต Genomics ประกอบด้วย การตัดต่อยีนหรือพันธุกรรม (gene editing), targeted gene recombination, การขยายพันธุ์แบบย้อนกลับ³³ (reverse breeding) ฯลฯ ตัวอย่างของพัฒนาการสำคัญด้าน genomics ที่นำมาใช้ในภาคเกษตร เช่น ก) bio-fortified crops คือการเพิ่มสารอาหารในพืชเพื่อการบริโภคของมนุษย์ ข) new phenotyping³⁴ technologies เทคโนโลยีควบคุมการแสดงออกของพืช โดยการกำหนดสภาพแวดล้อมและพันธุกรรม เช่น ประสิทธิภาพในการใช้ในโตรเจน ความสูง รสชาติ และการสังเคราะห์แสง เป็นต้น

อนึ่งเทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์แบบ cross breeding, hybrid breeding และ mutation breeding ที่เป็นจุดเริ่มต้นของ precision breeding เกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงปี 1900-1930 (ดูรูปที่ 2.4) แต่กว่าที่นักปรับปรุงพันธุ์จะประสบความสำเร็จในการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของธัญพืชที่เป็นอาหารหลักจนสามารถแก้ไขปัญหาความอดอยากของประชากรโลกได้ก็ต้องรอนจนถึงทศวรรษ 1960

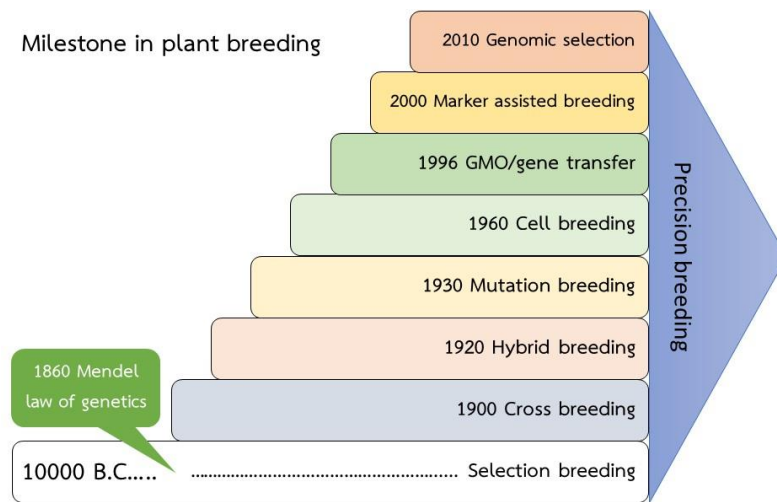
³¹ หลักฐานในจีน Meng, Chao; Xu, Dong; Son, Young-Jun & Kubota, Chieri (2012). "Simulation-based Economic Feasibility Analysis of Grafting Technology for Propagation Operation".

³² แม้จะไม่มีรางวัลโนเบลสาขาเทคโนโลยีชีวภาพโดยตรง แต่มีนักวิทยาศาสตร์ซึ่งทำงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตรและได้รางวัลโนเบลสาขาเคมี การแพทย์ และฟิสิกส์ กว่า 25 คน คนแรก คือ Emil von Behring ผู้ค้นพบ serum therapy ในการรักษา diphtheria ในปี 1901 ผู้รับรางวัลคนสำคัญอื่นๆ เช่น Watson, Crick and Wilkins ปี 1962 จากการค้นพบโครงสร้าง DNA (DNA Double Helix), Paul Berg ปี 1980 จากผลงาน recombinant DNA และล่าสุดในปี 2020 Emmanuelle Charpentier and Jennifer Doudna จากผลงานวิธีการทำ genome editing ที่แม่นยำ (CRISPR/Cas9) หรือ กรรไกรตัดต่อยีน (ที่เป็นเครื่องมือ rewrite the code of life) ที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงยีนของพืช สัตว์ และจุลินทรีย์อย่างแม่นยำ ทำให้สามารถรักษาโรคมะเร็งได้

³³ เป็นการขยายพันธุ์ จากพืชที่มีพันธุกรรมทั้งยีนเด่นและยีนด้อย เพื่อให้ได้ลักษณะทางพันธุกรรมเด่นล้วนหรือด้อยล้วน เหมือนรุ่นพ่อรุ่นแม่

³⁴ การแสดงออกทางพันธุกรรมของพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อม

รูปที่ 2.4: แสดงวิวัฒนาการของ genomics ตั้งแต่การค้นพบของ Mendel ในปีค.ศ. 1860

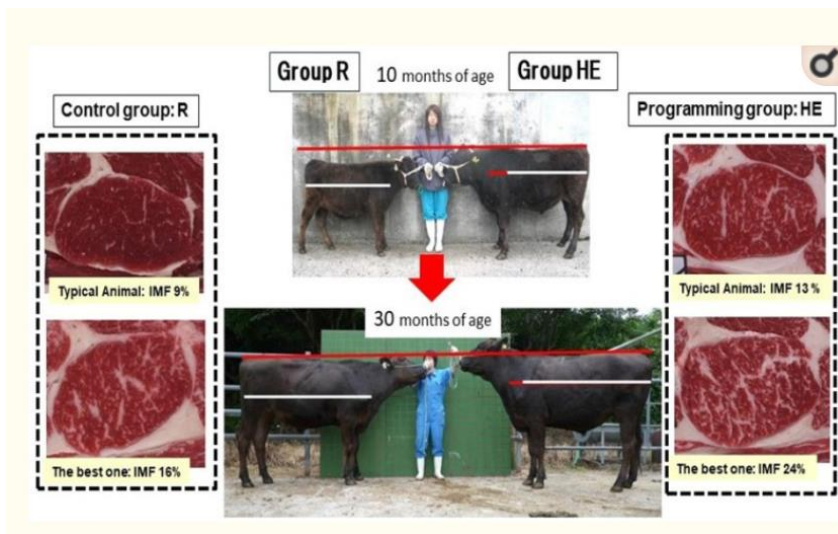


ที่มา: กมล เลิศรัตน์ 2560

ในปัจจุบันการศึกษา Genomics ได้รับประโยชน์จากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัลและสารสนเทศ³⁵ ตั้งแต่เทคโนโลยีที่ใช้เก็บข้อมูลปริมาณมากที่รวดเร็วและแม่นยำ (ทำให้เกิด real-time data และ big data) ควบคู่ไปกับการควบคุมสภาพแวดล้อมเพื่อให้พืชได้แสดงออกซึ่งลักษณะที่เกษตรกร/ผู้บริโภคต้องการ (ซึ่งช่วยให้นักวิจัยสามารถควบคุมให้พืชมี phenotype ที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น) เช่น การใช้ปุ๋ยและสารเคมีที่ประยุกต์ใช้วิศวกรรมของสารขนาดเล็กระดับนาโน พัฒนาการเหล่านี้ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเชื่อมโยงการศึกษาาระบบเกษตรและระบบนิเวศด้วยการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพได้ดียิ่งขึ้น เกษตรกรสามารถออกแบบฟาร์มและสามารถตัดสินใจใช้ปัจจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีความรู้/ข้อมูลขนาดใหญ่และเทคโนโลยีแม่นยำเป็นฐาน ตัวอย่างที่น่าสนใจของการพัฒนาพันธุ์และใช้เทคโนโลยีชีวภาพคือการพัฒนาโคเนื้อวากิวของญี่ปุ่นให้มีเนื้อนุ่มอร่อย (รูปที่ 2.5) ที่ให้รสชาติและรสสัมผัสที่ผู้บริโภคต้องการ ขายได้ราคาดี และทำให้โคขนาดใหญ่ขึ้นในเวลาเดียวกัน แต่เดิมเกษตรกรเชื่อว่าการใช้วิธีการเลี้ยงแบบเกษตรแม่นยำโดยการให้อาหารบางประเภท (เช่น เบียร์) จะทำให้บรรลุดัชนีประสงค่างามได้ แต่ล่าสุดนักวิจัยค้นพบเครื่องหมายพันธุกรรมของโควากิวไขมันนุ่มอร่อย วิธีเพิ่มธาตุอาหารในเนื้อวัว ตลอดจนสามารถกำหนดช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเชือดโคเพื่อให้ไม่สูญเสียคุณภาพของเนื้อนุ่มอร่อย นอกจากนี้เกษตรกรยังสามารถโปรแกรมการเลี้ยงโคให้มีลักษณะตามที่ต้องการได้ ด้วยการให้อาหารต่างๆ ในช่วงที่โคยังอยู่ในครรภ์ วิธีนี้เรียกว่า metabolic programming ซึ่งสามารถควบคุมลักษณะการแสดงออกทางพันธุกรรมของสัตว์ด้วยการเปิดปิดยีนบางตัวโดยไม่ต้องตัดแต่งพันธุกรรมแต่อย่างใด

³⁵ รวมถึงความก้าวหน้าของเครื่องมือทางสถิติ และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ ซึ่งทำให้เกิดวิชาการแขนงใหม่ที่เรียกว่า bioinformatics

รูปที่ 2.5: ขนาดและลายหินอ่อนของโคเนื้อวากิวที่มีการใช้เทคนิค Metabolic Programming (epigenetic)



ที่มา: Gotoh 2018

2.3 พัฒนาการของเกษตรอัจฉริยะ (farming 4.0)³⁶

ดังที่กล่าวแล้วว่าการปฏิวัติเขียวครั้งแรกก่อให้เกิดการพลิกโฉมโครงสร้างเกษตรกรรมของโลก ผลลัพธ์สำคัญของการปฏิวัตินี้คือการเพิ่มผลผลิตอาหารทั่วโลก เฉพาะในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ผลผลิตธัญพืชเพิ่มขึ้นกว่า 300% ในช่วงปี ค.ศ. 1961-2004 แต่ปัจจุบันอัตราการเพิ่มของผลผลิตต่อไร่เริ่มลดน้อยถอยลง ขณะเดียวกันโลกกำลังเผชิญกับความท้าทายใหม่ๆ ได้แก่ (ก) ความจำเป็นที่ต้องผลิตอาหารเพิ่มขึ้นอีก 70% เพื่อเลี้ยงประชากรโลกที่จะเพิ่มขึ้นเป็น 1 หมื่นล้านคน ในปี ค.ศ. 2050 (ข) ความท้าทายในการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมการเกษตรที่จะเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งเท่าตัวในอนาคต รวมทั้งการลดผลกระทบต่อทรัพยากรการเกษตร (เช่น ป่าทั่วโลกถูกทำลายกว่า 80% และที่ดินเกษตรกรรมที่อุดมสมบูรณ์เปลี่ยนเป็นที่อยู่อาศัยและเมือง) (ค) การผลิตอาหารที่ปลอดภัย มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีคุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภคที่มีรายได้สูงขึ้น และประชากรสูงอายุที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น (ง) การขยายตัวของประชากรเมืองจะสร้างความต้องการอาหารแปรรูปและเนื้อสัตว์เพิ่มจาก 36.4 กก. ต่อคน ในปี ค.ศ. 1997-1991 เป็น 45.3 กก./คน ในปี ค.ศ. 2030 (จ) การลดปริมาณความสูญหาย และสูญเสียของอาหาร (food loss & waste) ที่สูงถึง 33%-50% ของปริมาณผลผลิตอาหารทั่วโลก การลดอาหารที่สูญหายและสูญเสียนี้จะช่วยบรรเทาปัญหาประชากรที่อดอยากที่ยังสูงถึง 800 ล้านคน และ (ฉ) ความท้าทายสุดท้าย คือ ปัญหาสุขภาพของประชากรกว่า 2 พันล้านคนที่ยังขาดธาตุอาหารสำคัญ

³⁶ เนื้อหาตอนนี้สรุปจาก (1) De Clercq et al., 2018 (2) Lamborelle and Alvarez, 2016

การปฏิวัติการเกษตรครั้งใหม่จำเป็นต้องเป็นการปฏิวัติ “เขียว” อย่างแท้จริง ต้องสามารถสนองความจำเป็น/ความต้องการของมวลมนุษยและการทำงานข้างต้น รวมทั้งต้องพิจารณาผลกระทบต่อห่วงโซ่มูลค่าอาหารตลอดห่วงโซ่ และสามารถแก้ไขปัญหาคอขวดด้านอุปทานการผลิต (เช่น ที่ดินที่เหมาะสมต่อการเกษตรมีน้อยลงเพราะการขยายตัวของเมือง และลดการใช้น้ำอย่างสิ้นเปลือง) farming 4.0 ในอนาคตจึงต้องอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นแกนสำคัญ ดังนั้นการปฏิวัติการเกษตรครั้งใหม่ จึงเป็น “การปฏิวัติเทคโนโลยีการเกษตร”

ฟาร์มสมัยใหม่และการทำการเกษตรในอนาคตจะแตกต่างโดยสิ้นเชิงจากปัจจุบัน เพราะเกษตรกรรมในอนาคตจะต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น (ไม่ว่าจะเป็นเซนเซอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ) สลับซับซ้อนขึ้น (เช่น การใช้หุ่นยนต์ การวัดความชื้นและคุณสมบัติของดิน การใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม การใช้ GPS ปรับระดับพื้นที่เพาะปลูก) เกษตรอัจฉริยะ (farming 4.0) จะไม่ใช่การให้น้ำ ให้อุณหภูมิ และฉีดยาฆ่าวัชพืช 50 ไร่ด้วยสูตรเดียวกัน แต่จะเป็นการใช้ปัจจัยการผลิตให้น้อยที่สุดในแปลงย่อยๆ แต่ละแปลง เกษตรสมัยใหม่จะทำให้มนุษย์ปลูกพืชในพื้นที่แห้งแล้งอย่างทะเลทราย และสามารถนำทรัพยากรและพลังงานที่มีเหลือเฟือมาใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นพลังงานจากแสงอาทิตย์ หรือการใช้น้ำทะเลปลูกพืช หรือการเพาะสาหร่ายมาทำอาหารสัตว์

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีดังกล่าวจะทำให้เกษตรกร และบริษัทธุรกิจการเกษตรมีกำไรมากขึ้น มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยใช้ปัจจัยการผลิตน้อยลง ผลผลิตสินค้าปลอดภัย มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ข่าวดีก็คือ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีต่างๆ (ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีดิจิทัล เทคโนโลยีชีวภาพ และความรู้ต่างๆ ด้านวิทยาศาสตร์) เริ่มถูกนำมาใช้ในภาคเกษตรและอาหารในปัจจุบันแล้ว ประมาณกันว่าระหว่างปี ค.ศ. 2012-2017 มี agricultural technology startups (หรือ agri-tech startups) เพิ่มขึ้นกว่า 80% ต่อปีทั่วโลก การเติบโตดังกล่าว ทำให้นักธุรกิจสนใจเข้ามาลงทุนในอุตสาหกรรมเกษตร/อาหารมากขึ้น เช่น การร่วมลงทุนของกลุ่มนักธุรกิจชั้นนำของโลก (Bill Gates, R. Branson) DFJ (venture capital) และ Cargill ในบริษัท Memphis Meats ผู้ผลิต Clean meat หรือ Softbank ที่ลงทุน \$200 ล้าน ในธุรกิจ indoor farming ของ startup ที่ชื่อว่า Plenty ฯลฯ

ในยุโรป ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้เพื่อเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตร (farming practices) และโครงสร้างภาคเกษตรมี 5 ปัจจัยตามลำดับความสำคัญ ดังนี้ การเกษตรแบบแม่นยำ (ผลสำรวจพบว่าร้อยละ 70-80 ของเครื่องมือ/เครื่องจักรกลการเกษตรรุ่นใหม่จะมีส่วนประกอบของเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำอยู่ในเครื่องมืออุปกรณ์) ระบบอัตโนมัติ การควรวรรمไร่นาเป็นแปลงใหญ่ การจัดการเกษตรด้วยมืออาชีพ และปัญหาการขาดแรงงาน

เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะที่กำลังป่วนอุตสาหกรรมอาหารและเกษตร ในเวลานี้และอนาคตมี 3 ด้าน ดังนี้ (ดูตารางที่ 2.3)

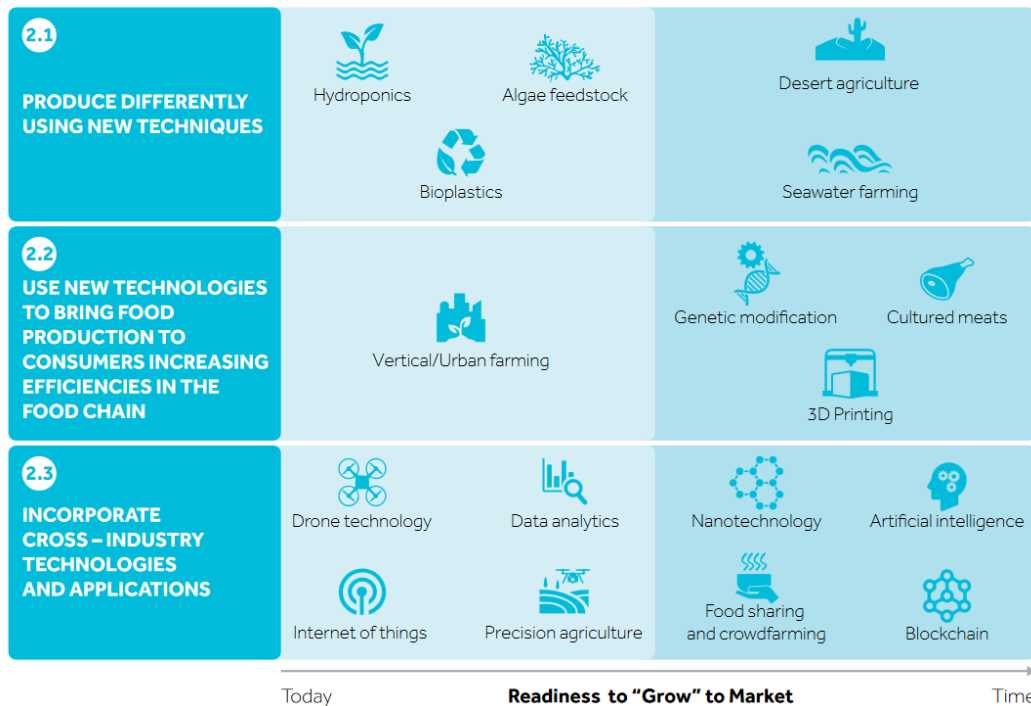
1. การผลิตเกษตร/อาหารด้วยเทคนิคใหม่ๆ เช่น ไฮโดรโพนิกส์ (ปลูกผักโดยไม่ใช้ดิน ใช้แต่น้ำผสมธาตุอาหาร) การผลิตสาหร่ายเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ ในอนาคตจะมีการทำเกษตรในทะเลทราย และการใช้น้ำทะเลทำเกษตร

2. การใช้เทคโนโลยีใหม่ในการผลิตอาหารและเพิ่มประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทานอาหาร เช่น การทำฟาร์มแนวตั้ง (vertical farming) ที่สามารถปลูกผักคุณภาพสูงในบริเวณที่ไม่มีที่ดิน ตัวอย่างเช่น indoor farms ของบริษัท Plenty ในรัฐซานฟรานซิสโกที่ผนวกความรู้การเกษตรเข้ากับวิทยาศาสตร์ด้านพืช โดยอาศัยเทคโนโลยีต่างๆ เช่น machine learning, IOT, big data, เทคโนโลยีควบคุมภูมิอากาศ ทำให้สามารถผลิตอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ แต่ประหยัดน้ำและพลังงาน ปัจจุบันบริษัท Plenty ได้เงินทุนจาก Soft Bank Vision Fund และ Amazon

(3) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจากอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น การใช้ IOT (ตัวอย่าง เช่น Watson ที่เป็นบริษัทในเครือ IBM ประยุกต์ใช้ machine learning เข้ากับข้อมูลจากโดรน/เซนเซอร์ ผลคือสามารถแปลงระบบการตัดสินใจในฟาร์มเป็นระบบที่ตัดสินใจด้วยปัญญาประดิษฐ์) การใช้ chatbots (ตัวอย่างการระบุศัตรูพืชจากภาพถ่าย) การใช้โดรนที่ให้ภาพ 3 มิติ เพื่อวิเคราะห์ดิน การใช้เทคโนโลยีแปลงทักษะการเกษตรให้เป็นระบบอัตโนมัติ (automation of skills) การใช้ blockchain เพื่อควบคุมระบบห่วงโซ่มูลค่าอาหารแบบปลอดภัย food sharing and crowd farming (ตัวอย่างเช่น โครงการของ Naranj as del Carmen ที่เป็นวิสาหกิจเพื่อสังคม เป็นโครงการที่ผู้บริโภคเป็นเจ้าของที่ดินและต้นไม้ที่เกษตรกรเป็นคนปลูก) และ การใช้ nanotechnology ในเกษตรแม่นยำ (เช่น การใช้ปุ๋ย และยากำจัดศัตรูพืช) ฯลฯ

ตารางที่ 2.3 เป็นแผนผังของแนวโน้มของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทั้งสามด้านในภาคเกษตร โดยมีตัวอย่างทั้งกรณีที่มีการใช้ในปัจจุบัน และกำลังเติบโตจนเกิดเป็น “ตลาด” ในอนาคต

ตารางที่ 2.3: เทคโนโลยี 3 ด้านที่กำลังป่วนภาคเกษตรในปัจจุบัน และในอนาคต



ที่มา: De Clercq et al., 2018

อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน เกษตรกรในยุโรปยังใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะค่อนข้างน้อย เช่น เครื่องหว่านปุ๋ยที่ติดอุปกรณ์ซึ่งน้ำหนักแบบแม่นยำ และกำหนดทิศทางการหว่านปุ๋ยที่ถูกต้องมีเพียงร้อยละ 35 ของเครื่องหว่านปุ๋ยที่ผลิตออกจำหน่ายในยุโรป (Lamborelle and Alvarez, 2016) เหตุผลคือ (ก) ราคาเครื่องจักร/อุปกรณ์เหล่านี้ยังแพงมากโดยเฉพาะสำหรับเกษตรกรรายเล็ก (ดูเหตุผลข้างล่าง) (ข) เกษตรกรส่วนใหญ่สูงอายุ (ค) เกษตรกรจำนวนมากยังเข้าไม่ถึงสัญญาณอินเทอร์เน็ต ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จาก big data ได้

สหภาพยุโรปพยายามผลักดันให้เกิดการปฏิวัติด้านดิจิทัลในภาคเกษตร โดยสนับสนุนโครงการต่างๆ รวมทั้งให้แรงจูงใจการเงินแก่เกษตรกร แต่ขณะเดียวกันกลุ่มผู้ผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรอธิบายว่าสาเหตุสำคัญที่ทำให้การปฏิวัติดิจิทัลล่าช้าเกิดจากต้นทุนของกฎระเบียบที่ใช้ควบคุมธุรกิจ ทำให้ราคาเครื่องจักรอุปกรณ์แพงขึ้นถึง 1 ใน 3

การเลือกใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ใน Farming 4.0

เทคโนโลยีดิจิทัลใน Farming 4.0 มีหลายรูปแบบ ตั้งแต่รูปแบบที่สามารถใช้ได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำ (เช่น โดรน) จนถึงรูปแบบที่ต้องใช้คลื่นสัญญาณระดับต่างๆ การเลือกใช้เทคโนโลยี Farming 4.0 มีข้อควรพิจารณาหลายประการดังนี้

(1) เนื่องจากกิจกรรมการเกษตรแต่ละชนิด มีข้อจำกัดทางกายภาพและใช้เงินทุนต่างกัน ผู้ใช้จึงต้องเลือกเทคโนโลยีมาปรับใช้ให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงราคาเปรียบเทียบของปัจจัยการผลิตชนิดต่างๆ (relative factor prices) รวมทั้งราคาเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนกับราคาผลิตผล

(2) ความเหมาะสมตามขนาดฟาร์ม ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ สภาพดิน สภาพน้ำ พืชที่ปลูก ความรู้ความสามารถของเกษตรกร และ แรงจูงใจในการปรับตัว เช่น ในรูปที่ 2.3 การเลือกใช้คลื่นสัญญาณมีข้อพิจารณาอย่างน้อย 2 มิติ คือ ความถี่ของคลื่น และช่วงกว้างหรือพิสัยของแหล่งสัญญาณ (range)

(3) ข้อพิจารณาที่น่าจะสำคัญที่สุด คือ การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดเพื่อแก้ปัญหาของเกษตรกร ไม่ใช่เลือกเทคโนโลยีที่ดูทันสมัยที่สุด

2.4 ตัวอย่าง Farming 4.0 ในต่างประเทศ

Farming 4.0 กำลังอยู่ในระยะเริ่มต้นในการประยุกต์ใช้จริง ก่อนที่จะอธิบายสถานการณ์ภาพของการวิจัยและวิเคราะห์การใช้เทคโนโลยีการเกษตรของไทย เราจำเป็นต้องเข้าใจพัฒนาการของเทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ในต่างประเทศก่อน เพราะเทคโนโลยีส่วนใหญ่ในประเทศไทยได้มาจากต่างประเทศ ในตอนนี้จะให้ตัวอย่างการใช้ Farming 4.0 ในแต่ละกระบวนการผลิต (ตาราง 2.4 และรูป 2.6) รวมถึงนำเสนอภาพรวมความก้าวหน้าของ Farming 4.0 ในประเทศกรณีศึกษา ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการใช้เทคโนโลยี Farming 4.0 ในต่างประเทศ (11/30/2020)

ลำดับการผลิต	ประเภท	วัตถุประสงค์และฟังก์ชันของเทคโนโลยี
เตรียมปัจจัยและวางแผนการผลิต	เตรียมดิน, ปุ๋ย จัดสรรน้ำ พยากรณ์สภาพอากาศ/ โรค พลังงาน ปศุสัตว์	ดิน: การแนะนำชนิดพืชและแผนเพาะปลูกที่เหมาะสมกับชุดดินในฟาร์ม ด้วยการใช้ซอฟต์แวร์ Decision Expert (Multi-criteria decision model) เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน สภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศ และการใช้ปัจจัยและจัดการในฟาร์มในอดีต ร่วมกับความต้องการของเกษตรกร ¹³⁷ (สหภาพยุโรป) ดูข้อ 3 ตาราง 2.1. ปุ๋ย/ดิน: การสร้างความรู้ด้านเครือข่าย/โครงสร้างระบบนิเวศเกษตร (agroecosystem) ที่เกิดขึ้นในพื้นที่เฉพาะด้วยเงื่อนไขการทำเกษตรในแต่ละรูปแบบ เพื่อให้คำแนะนำว่าการทำเกษตรแบบใดจะสามารถผลิตธัญอาหารและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สูงสุดต่อชนิดพืชนั้นๆ โดยการใช้โปรแกรมด้าน bioinformatics ในการวิเคราะห์ฐานข้อมูล big data จากแปลงทดลอง เช่น แปลงทดลองปลูกผักโขมญี่ปุ่นของ Ichihashi (2020) พบว่าการเตรียมดินโดย soil solarization ³⁸ จะทำให้ผลผลิตมีน้ำหนักรวมมากขึ้นเท่าๆ กันในกรณีที่ใช้และไม่ใส่ปุ๋ย[1] (จีน ญี่ปุ่น)

37

38

ลำดับการผลิต	ประเภท	วัตถุประสงค์และฟังก์ชันของเทคโนโลยี
		<p>น้ำ: ระบบตรวจคุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่าสารเคมี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเค็ม หรือค่า ORP (Oxidation-reduction potential) จะทำการเตือนผ่านโทรศัพท์มือถือ ก่อนที่จะทำให้พืชเสียหาย ด้วยระบบไอโอทีเซนเซอร์ [2] (USA)</p> <p>สภาพอากาศ: Watson Decision Platform for Agriculture [3] ช่วยพยากรณ์ผลผลิตข้าวโพด และช่วงเวลาที่โรคและศัตรูพืช เทคโนโลยีเอไอพัฒนาดีขึ้นจากข้อมูลดาวเทียม ทั้งภาพถ่าย อากาศ ความชื้น (IBM, USA)</p> <p>วางแผนการรับมือ สภาพอากาศแปรปรวน (climate change): การให้คำแนะนำเพื่อวางแผนการปลูกและการเตรียมหาน้ำที่เหมาะสมตามเวลาที่คาดว่าจะฝนทิ้งช่วง ด้วยการประมวลผลข้อมูลจาก stochastic crop-water production function ร่วมกับโมเดลพยากรณ์สภาพอากาศ (โครงการ OCCASION ฝรั่งเศส)</p> <p>ปศุสัตว์: Metabolic Programming พันธุ์เนื้อวัวของญี่ปุ่น (ข้อ 2.1 พัฒนาการเทคโนโลยีชีวภาพ หน้า 9) รูปที่ 2.2.</p>
การให้ปัจจัยและติดตามกระบวนการผลิต	ไถ/พรวนดิน การให้ปุ๋ยและน้ำ จัดการโรค/ศัตรูพืช ปศุสัตว์	<p>น้ำ: การให้น้ำอัตโนมัติเพื่อลดปริมาณใช้น้ำทั้งหมด โดยการวิเคราะห์ข้อมูลความชื้นในดินจากเซนเซอร์ดินและสถานีสภาพอากาศในฟาร์มด้วยปัญญาประดิษฐ์ (AI) ระบบสามารถให้ปัจจัยอย่างแม่นยำด้วยเทคโนโลยี drip irrigation (บริษัท Netafim) หรือให้น้ำร่วมกับปุ๋ยผ่านวาล์วอัตโนมัติ (บริษัท Tevatronic) รูปที่ 2.7 ก.-ข. (อิสราเอล)</p> <p>ปุ๋ย: การประเมินพืชเป็นรายต้น เพื่อตัดสินใจการจัดการแบบเบ็ดเสร็จสำหรับแต่ละต้น ด้วยการใช้เทคโนโลยีการมองเห็น (Computer vision AI รูปที่ 2.7 จ.) เช่น Blue Rivers Technology สามารถลดการใช้ปุ๋ยได้ 90% (USA)</p> <p>ฟาร์มแอโรโพนิกส์ (aeroponics): ฟาร์มแบบปิดที่ให้อาหารพืชทางรากและปากใบด้วยละอองน้ำทางอากาศ ทำให้ไม่สูญเสียธาตุอาหารไปกับน้ำหรือดิน และสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้อย่างเบ็ดเสร็จทำให้เกิดโรคหรือศัตรูพืชจึงไม่ต้องใช้สารเคมี ทำให้ประหยัดน้ำได้ 95% และมีประสิทธิภาพของการใช้พื้นที่มากถึง 390 เท่าของการปลูกฟาร์มแบบเปิด การทำฟาร์มแอโรโพนิกส์ใช้เทคโนโลยีไอโอที คอมพิวเตอร์โปรแกรมเพื่อประมวลผล ระบบจัดเก็บข้อมูล และเครือข่ายสื่อสารภายในฟาร์ม (Aerofarms and Dell Technologies, USA) รูปที่ 2.7. ง.</p> <p>กำจัดวัชพืช: การสร้างทางเลือกเพื่อควบคุมวัชพืช จากข้อมูลรอบการปลูกพืชหมุนเวียน (crop rotation) การไถพรวน และวิธีกำจัดวัชพืชที่ใช้ในฟาร์มในอดีต โดยการใช้โปรแกรมแบบจำลองการเติบโตของวัชพืช (dynamic population simulation) เพื่อพยากรณ์ผลของการใช้ทางเลือกนั้นในระยะยาว 10-50 ปีในอนาคต ระบบนี้เป็นการบูรณาการความรู้ด้านการเกษตร สัตวศาสตร์ วิทยาการวัชพืช เศรษฐศาสตร์ และวิทยาศาสตร์การจัดการความเสี่ยง (GPFARM, USDA)</p> <p>หุ่นยนต์สำรวจฟาร์ม: หุ่นยนต์สำรวจที่มีเซนเซอร์หลากหลายประเภท ได้แก่ ความร้อน, อินฟราเรด, stereovision, ความลึก (Lidar) และ มี GPS และใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้หุ่นยนต์เดินทางสำรวจและเก็บข้อมูลอย่างทั่วถึงได้เอง [4] (ออสเตรเลีย) รูปที่ 2.7. ค.</p>

ลำดับการผลิต	ประเภท	วัตถุประสงค์และฟังก์ชันของเทคโนโลยี
		<p>ปศุสัตว์: เซนเซอร์สามารถตรวจสอบสุขภาพ พฤติกรรมการดื่มและกินอาหาร ฯลฯ ทำให้ติดตามสุขภาพของสัตว์แต่ละตัวได้ และยังมีเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลที่ช่วยลดการใช้พลังงานในฟาร์ม เทคโนโลยีเซนเซอร์สำหรับสัตว์มีทั้งรูปแบบป้าย RFID จนถึงเซนเซอร์ที่สวมใส่ได้หรือกลืนและย่อยได้ [5] ในฟาร์มเลี้ยงหมู การตัดสินใจโดยปัญญาประดิษฐ์สามารถลดต้นทุนแรงงานได้ 30-50% และการเพิ่มประสิทธิภาพ</p>
ผลผลิต	การเก็บเกี่ยว	<p>หุ่นยนต์เก็บเกี่ยวฟาร์มปิด: แขนกลเก็บเกี่ยวอัตโนมัติสำหรับผลไม้ขนาดเล็ก เช่น สตรอว์เบอร์รี และมะเขือเทศ ที่ใช้เทคโนโลยีการมองเห็น (computer vision) จาก machine learning เพื่อแยกแยะสีที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยว ในบางกรณีหุ่นยนต์จะทำการสำรวจเพื่อพยากรณ์แรงงานที่ต้องใช้ในการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งเพื่อการเตรียมแรงงาน (ญี่ปุ่น) ดुरुปีที่ 2.7. ฉ.</p> <p>หุ่นยนต์เก็บเกี่ยวฟาร์มเปิด: หุ่นยนต์เก็บเกี่ยวหัวกะหล่ำปลี โดยที่กลไกการจับและดึงไม่ต้องมีการควบคุมโดยมนุษย์ (ญี่ปุ่น) ดुरुปีที่ 2.7. ข.</p>
	หลังการเก็บเกี่ยว (post-harvest), และ การรักษาความสด (shelf life)	<p>ปศุสัตว์: การใช้เทคโนโลยีสื่อสาร (RFID) ในการติดตามการเติบโต อายุ และน้ำหนักของโค เพื่อช่วยในการเชือดโคในระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด (ซึ่งเป็นที่รู้ได้จาก basic research) เพื่อให้ไม่สูญเสียคุณภาพของลายหินอ่อน (โคเนื้อหินอ่อนทั่วโลก)</p> <p>การคัดเกรดสินค้า: การคัดแยกผลผลิตตามเกรดคุณภาพตามที่เกษตรกรกำหนดไว้ เช่น สี ลักษณะผิว รอยขีด โรค (เช่น water core) รวมถึงความหวานและสารอาหารอื่นๆ ด้วยการใช้เทคโนโลยี NIS (near-infrared spectrophotometer) (ข้อ 2.2 ระบบช่วยตัดสินใจ หน้า 14) ดुरुปีที่ 2.7. ฉ-ญ</p> <p>การตากแห้ง: โปรแกรมจัดการคลังสินค้า (ถั่วลิสง) พร้อมกับติดตามระดับความชื้นให้จัดการเวลาตากแห้งอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการใช้ microwave sensor และระบบ feedback control system ประกอบเข้ากับแบบจำลองและซอฟต์แวร์ช่วยตัดสินใจ [6] (USDA, USA)</p>
การตลาด	ราคา ³⁹ การลดการสูญเสียและขยะอาหาร (food loss/food waste)	<p>แสดงผลราคาสินค้าเกษตร: การแสดงผลราคาสินค้าทั้งในอดีตและปัจจุบันให้แก่เกษตรกรในรูปแบบแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ เพื่อให้เกษตรกรใช้ประกอบการวางแผนการผลิตและช่วยลดการบิดเบือนทางการตลาด (market distortion) เช่น M-Farm Application ช่วยให้เกษตรกรเปลี่ยนระยะเวลาเพาะปลูกให้เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตรงกับช่วงที่ราคาดี [7] (เคนยา)</p> <p>การใช้ราคาปัจจัยในการวางแผน: มีเครื่องมือช่วยบริหารจัดการ เช่น simple partial budget analysis หรือ cash flow budgeting tools แต่ยังไม่มีการประยุกต์ใช้ดิจิทัลเทคโนโลยีที่ทำให้เป็นฟาร์มมิ่ง 4.0</p> <p>การจัดการความเสี่ยงทางการตลาด (ราคาสินค้า): การพยากรณ์ราคาสินค้าโดย Machine Learning ยังไม่มีตัวอย่างที่ใช้จริง มีตัวอย่างงานวิชาการเช่น การทดสอบ Artificial Neural Network เพื่อพยากรณ์ราคากะหล่ำปลี กวางตุ้ง ไต้หวัน แดงโม และกะหล่ำดอก จากข้อมูลสาธารณะ (ไต้หวัน) [8]</p> <p>ลด loss/waste: การเชื่อมโยงข้อมูลตลอดห่วงโซ่อุปทาน ทำให้เกิดระบบบริหารจัดการสามารถวิเคราะห์และพยากรณ์ความเสี่ยงจากปัจจัยความไม่</p>

ลำดับการผลิต	ประเภท	วัตถุประสงค์และฟังก์ชันของเทคโนโลยี
		แน่นอนต่างๆ ในระบบโลจิสติกส์และความต้องการของตลาด ทำให้เกษตรกรวางแผนเพาะปลูก แผนการตลาด และการจัดส่งให้เร็วและแน่นอนล่วงหน้าได้ เพื่อลดการสูญเสียและขยะอาหาร [9]

ที่มา: [1] Ichihashi 2020; [2] Davies 2019; [3] IBM Blog; [4] Petukhova 2019; [5]sensiml.com; [6] Lewis 2011; [7] Trendov 2019; [8] Peng 2019; [9] Lezoche 2019 และ Zhai 2020; (10) Y. Peng, C. Hsu and P. Huang, "Developing crop price forecasting service using open data from Taiwan markets," 2015 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI), Tainan, 2015, pp. 172-175, doi: 10.1109/TAAI.2015.7407108; (11) Trendov N. M., Varas S., and Zeng M. 2019. DIGITAL TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE AND RURAL AREAS: BRIEFING PAPER. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Retrieved on Oct 4, 2020, from <http://www.fao.org/3/ca4887en/ca4887en.pdf>.

¹ ความต้องการของเกษตรกรหมายถึง ฟังก์ชันของดินในพื้นที่ที่วิเคราะห์ที่เกษตรกรต้องการใช้มากที่สุด แบ่งเป็น 5 หมวด ได้แก่ 1. การสร้างผลิตภาพทางการเกษตร (ปลูกพืชเพื่อขาย) 2. การทำให้น้ำบริสุทธิ์ขึ้น (เช่น เพื่อการทำฟาร์มออร์แกนิก) 3. การสร้างระบบนิเวศสำหรับความหลากหลายทางชีวภาพ 4. การสร้างวงจรธาตุอาหารในดิน และ 5. การปรับสภาพภูมิอากาศ

² การคลุมและอบดินด้วยแสงอาทิตย์ในอุโมงค์และช่วงเวลาที่กำหนด

³ ข้อมูลราคาเป็นข้อมูลมหภาคระดับประเทศ

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างเทคโนโลยี Farming 4.0 ในต่างประเทศ



ก. เซนเซอร์ความชื้นดิน (อิสราเอล)



ข. เซนเซอร์สภาพอากาศ (อิสราเอล)

ที่มา: Tevatronics, <http://tevatronic.net/equipment/wtm-101/> (Accessed 16/10/2020), Netafim, <https://www.netafim.com/en/digital-farming/netbeat/Monitor/weather-sensors/> (Accessed 16/10/2020)

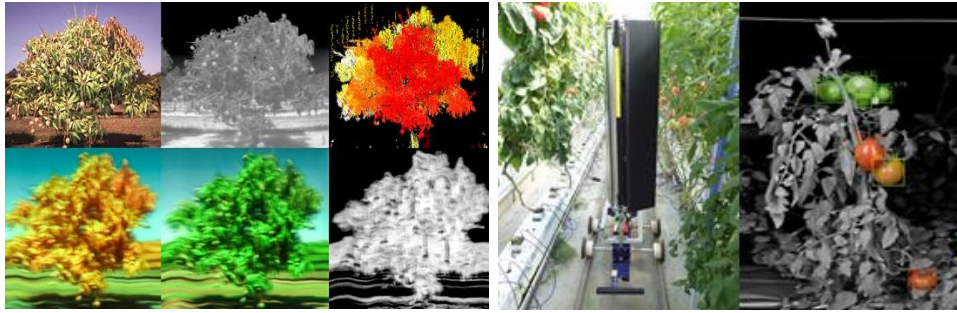


ค. หุ่นยนต์ตรวจพืชและสภาพแวดล้อม (ออสเตรเลีย)



ง. ระบบให้สารอาหารทางละอองน้ำ (แอโรโพนิกส์)

ที่มา: Sukkarieh 2019, Aerofarms



จ. ข้อมูลภาพจากหุ่นยนต์หลายเซนเซอร์ (ออสเตรเลีย) ฉ. ระบบคัดการณั้แรงงานเก็บเกี่ยวมะเขือเทศ (ญี่ปุ่น)

ที่มา: Sukkarieh 2019, Aerofarms



ข. หุ่นยนต์ถอนหัวกะหล่ำปลี (ญี่ปุ่น)

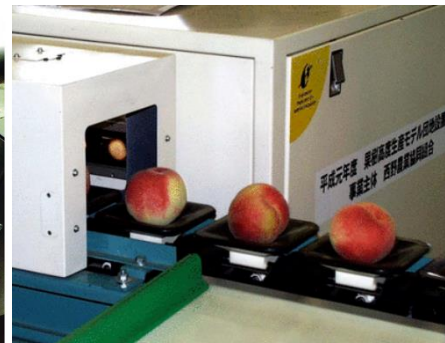


ช. หุ่นยนต์ควบคุมวัชพืช (จีน)

ที่มา: Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries of Japan และ K.H. Choi (2015)



ฅ. การคัดแยกแต่งโม้ตามระดับเบต้าแคโรทีน ฯลฯ (อิตาลี) ฉ. NIS คัดแยกลูกพีช ตามความหวาน (ญี่ปุ่น)



ที่มา: Tamburini (2017), <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/4/746> และ Kawano (2016),

<https://doi.org/10.1255/nim.1574>

กรณีศึกษา: ญี่ปุ่น สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา

หลายประเทศประสบปัญหาคล้ายกัน เช่น แรงงานภาคเกษตรลดลง และสภาพอากาศแปรปรวน ที่ทำให้เกษตรกรเริ่มใช้ Farming 4.0 แต่บริบทแวดล้อมและบทบาทการส่งเสริมของภาคเอกชนและภาครัฐทำให้การใช้เทคโนโลยี Farming 4.0 ของแต่ละประเทศมีความก้าวหน้าในรูปแบบที่ต่างกัน ประเทศที่พัฒนาแล้วมีพัฒนาการของ Farming 4.0 ก้าวหน้ากว่าเพื่อน โดยเฉพาะในฟาร์มขนาดใหญ่ รวมทั้งมีการสนับสนุนให้ฟาร์มขนาดเล็กและกลางเริ่มใช้เทคโนโลยี Farming 4.0 เพราะ พันธุ์พืช วิธีการ และปฏิทินการปลูกแบบเดิมไม่สามารถรับมือกับความเปลี่ยนแปลงทางทรัพยากรธรรมชาติ สภาพอากาศ หรือความต้องการของตลาดได้ ส่วนในประเทศกำลังพัฒนา โดยเฉพาะในแอฟริกา การใช้เทคโนโลยีในฟาร์มขนาดเล็กมักเป็นการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศด้านราคาและการตลาด เพราะปัญหาด้านการคมนาคมขนส่ง

เทคโนโลยี Farming 4.0 ที่เริ่มมีการปรับใช้มากที่สุดทั้งในอเมริกาและญี่ปุ่นคือ GNSS (การใช้ข้อมูลที่ประมวลมาจากภาพถ่ายหรือสัญญาณจากดาวเทียม และให้ข้อมูลผ่านทางโทรศัพท์มือถือ) เนื่องจากเกษตรกรไม่ต้องมีต้นทุนสูงจากการติดตั้งโครงสร้างพื้นฐานหรืออุปกรณ์เพิ่มเติม และเทคโนโลยีที่เติบโตน้อยที่สุดคือ variable-rate input technology (การใส่ปัจจัยการผลิตแบบผันแปร) ซึ่งเป็นการลงทุนที่สูงและใช้ได้เฉพาะฟาร์มที่ใช้อุปกรณ์เครื่องกลสมัยใหม่เท่านั้น (Lowenberg-Debowe et al. 2019)

ในปัจจุบัน Farming 4.0 มีข้อจำกัดเชิงโครงสร้างสำคัญในตลาดเทคโนโลยีทั่วโลก และมีข้อจำกัดเชิงเทคนิคที่ต้องพัฒนาต่อไป ตลาดในภาคเกษตรมีความแยกส่วน (fragmented) ทำให้เกษตรกรสร้าง economy of scale ได้ยาก เพราะบริการเทคโนโลยี Farming 4.0 ส่วนใหญ่จะเน้นการแก้ปัญหาแต่ละส่วนของการผลิต และยังไม่มียบริการเชื่อมต่อ (verticals) ในตลาดเกษตร (เสมือนการเชื่อมโยงใน retail หรือ automotive) นอกจากนี้เทคโนโลยีบางประเภทยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอ เช่น ปัญหาเชิงเทคนิคและการออกแบบระบบหรือแอปพลิเคชันช่วยตัดสินใจ⁴⁰ (Zhai et al. 2020) เทคโนโลยี IoT มักมีต้นทุนที่สูงมากและคืนทุนช้า รวมถึงปัญหาความหลากหลายของมาตรฐานอุตสาหกรรมในการจัดการข้อมูลของแอปพลิเคชันต่างๆ ซึ่งมีข้อบังคับจำนวนมากและยังไม่มีมาตรฐานหลักที่เป็นที่นิยม

⁴⁰ งานวิจัยสถานะของระบบและผลิตภัณฑ์ช่วยตัดสินใจของเกษตรกรทั่วโลกพบว่า มีปัญหาเชิงเทคนิคสำคัญ 4 ประเด็น ได้แก่ 1. ความบกพร่องของผลการช่วยตัดสินใจในระบบที่ยกเว้นการคำนึงถึงสภาพอากาศแปรปรวน โรคภัย ความแตกต่างของดินในแปลง ฯลฯ 2. การวิเคราะห์ความต้องการและเงื่อนไขของเกษตรกรไม่เพียงพอ 3. ฟังก์ชันไม่ครบถ้วน เนื่องจากส่วนใหญ่มักเน้นให้บริการที่ละกิจกรรมในการผลิต 4. การแสดงผลและระบบใช้งานบนจอ (Graphical User Interface) ยังไม่ดีพอ ทำให้เกษตรกรสับสนเวลาใช้งาน

อย่างไรก็ตาม การมีมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ภาคเอกชนยอมรับจะทำให้เกิดการแข่งขันพัฒนาและ การใช้เทคโนโลยีอย่างแพร่หลายมากขึ้น⁴¹ เนื่องจาก Farming 4.0 มีการเก็บและใช้ข้อมูลจำนวนมาก และมีผลิตภัณฑ์และบริการหลากหลายที่ต้องใช้ร่วมกันได้ มาตรฐานข้อมูลจะทำให้ผู้ผลิตรายใหม่เข้าถึงเทคโนโลยี และทำให้เกิดการแข่งขันอย่างกว้างขวาง เพิ่มคุณภาพของสินค้าและบริการที่ดีขึ้นและราคาที่ถูกลงสำหรับเกษตรกร⁴² โครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยี และระบบนิเวศที่เอื้อต่อการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในฟาร์มได้จริง ในตอนนี้จะนำเสนอพัฒนาการและระบบสนับสนุน Farming 4.0 ในญี่ปุ่น สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา

(1) เทคโนโลยีเกษตร 4.0 ในญี่ปุ่น

ปัจจุบันญี่ปุ่นมีประชากรทั้งประเทศ 126 ล้านคน และมีบริบทคล้ายประเทศไทย 3 ประการ ประการแรก เกษตรกรส่วนใหญ่สูงอายุ (อายุเฉลี่ย 66.5 ปี) ซึ่งรัฐบาลญี่ปุ่นคาดว่า การใช้ ICT จะช่วยแก้ไขปัญหาแรงงานและการถ่ายทอดความรู้จากเกษตรกรรุ่นเก่าสู่เกษตรกรรุ่นใหม่⁴³ ประการที่สอง ผู้ประกอบการเกษตรส่วนมากเป็นเกษตรกรรายย่อย สถิติแสดงว่า 80% ของเกษตรกรทั้งหมดในประเทศญี่ปุ่นถือพื้นที่เล็กกว่า 13 ไร่⁴⁴ (Swiss Business Hub Japan 2016) แต่มีการรวมกลุ่มเป็นสหกรณ์เกษตรอย่างกว้างขวาง ประการสุดท้ายคือ ปัญหาการขาดแคลนน้ำ รัฐบาลญี่ปุ่นคาดการณ์ไว้ว่าอุปทานของน้ำจะลดลง 39% ในปี 2030⁴⁵ ทำให้รัฐบาลญี่ปุ่นมีความต้องการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ด้วยการสนับสนุนระบบช่วยเก็บเกี่ยว (cultivation support system) และระบบเกษตรแม่นยำอย่างจริงจัง ตลาด Farming 4.0 ในญี่ปุ่นระหว่างปี 2015-2019 เติบโต 63% มีมูลค่า 15.87 ล้านเยน หรือ 4.7 ล้านบาท ในปี 2019 เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำและระบบช่วยเหลือการเก็บเกี่ยวมีขนาดสัดส่วนของตลาดที่ใหญ่ที่สุด ตามด้วยระบบช่วยเหลือการปฏิบัติการ (Operation Support) ส่วนผลิตภัณฑ์ช่วยเหลือการขายมีขนาดเล็ก และตลาดหุ่นยนต์สำหรับการเกษตรมีขนาดเล็กที่สุด (ข้อมูล ปี 2016 รูปที่ 2.7)

⁴¹ Huawei Research

⁴² ข้อมูล ผลิตภัณฑ์ และบริการ ที่ใช้ร่วมกันได้ เรียกว่า Interoperability ซึ่งทำให้ประโยชน์ต่อผู้บริโภคสูงขึ้น และสร้างแรงจูงใจเพิ่มขึ้นให้ผู้ใช้หันมาใช้เทคโนโลยี (เป็นปรากฏการณ์ของการมีเครือข่าย หรือ network effect)

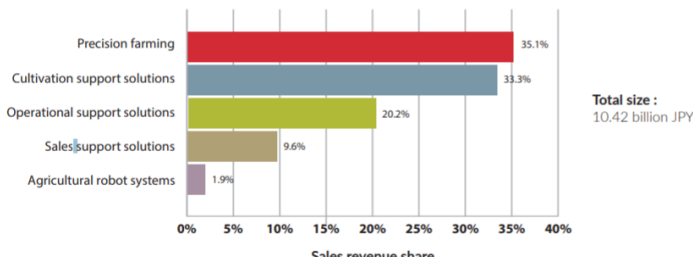
⁴³ Ministry of Agriculture, Fisheries, and Forestry of Japan

⁴⁴ เปรียบเทียบกับประเทศไทย เกษตรกร 69.4% มีที่ดินต่ำกว่า 19 ไร่ ซึ่งคิดเป็น 31% ของเนื้อที่เกษตรทั้งหมด (NSO 2561)

⁴⁵ Government of Japan (2020)

รูปที่ 2.7 สัดส่วนตลาดเทคโนโลยีสมาร์ต Farming ในญี่ปุ่น ปี 2016

Sales revenue distributon of the domestic smart agricultural market
FY 2016, by solution



ที่มา: Yano Research Institute

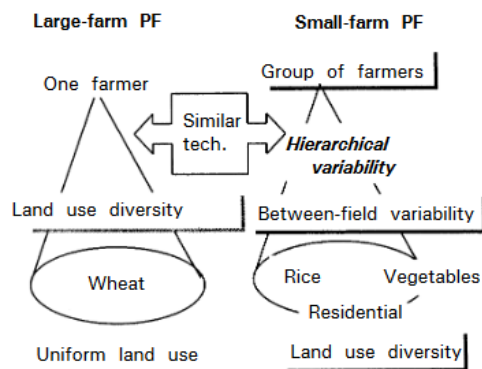
จากการทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ของญี่ปุ่นนับตั้งแต่ช่วงปี 2000 พบว่างานวิจัยโดยมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัย จะให้ความสำคัญต่อฟาร์มของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย ซึ่งมีขนาดเล็กและมีประเภทพืชที่หลากหลายในทั้งในแปลงเดี่ยวและระหว่างแปลง และมีการใช้พื้นที่ที่ผสมผสานกับการใช้ประโยชน์อื่น เช่น บ้านพักอาศัย การส่งเสริมให้เกษตรกรทั่วไปเข้าถึงเทคโนโลยีสมัยใหม่ได้เป็นปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ การเมือง และการพัฒนาระดับภูมิภาค (Shibusawa 2001) โครงการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเกษตรกรในชนบทจึงเกิดขึ้นเพื่อตอบโจทย์ในสามมิติข้างต้น เช่น การพัฒนาเซนเซอร์ดิน (soil spectrophotometer) ที่เกษตรกรสามารถเข้าถึงได้เอง (commercially available) ตั้งแต่ช่วงต้นทศวรรษที่ 2000 มีโครงการพัฒนา Field Server (เซิร์ฟเวอร์ภาคสนาม) ของศูนย์วิจัยทางการเกษตรแห่งชาติประเทศญี่ปุ่น โดยที่ดินแต่ละแปลงจะมีเซนเซอร์ทำหน้าที่รวมกันเป็นเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless sensor network) งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนในหลายโครงการตั้งแต่ปี 2001 มีการพัฒนาและทดสอบการประยุกต์ใช้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้เซิร์ฟเวอร์ภาคสนามมีความสามารถในการใช้งานเพื่อเก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อมนอกภาคเกษตรได้ และมีความสามารถในการใช้ทำ Applications ภาคสนามได้อย่างหลากหลาย นักวิจัยญี่ปุ่นได้พัฒนาเซิร์ฟเวอร์ภาคสนามโดยลดการใช้พลังงานและเพิ่มความกว้างของสัญญาณสื่อสารเพื่อลดต้นทุนของเกษตรกร⁴⁶ เกษตรกรญี่ปุ่นจึงมีการเริ่มใช้ข้อมูลจากเครือข่ายท้องถิ่นเหล่านี้มาเป็นเวลามากกว่า 10 ปี รวมทั้งชานาด้วย เครือข่ายท้องถิ่นนี้เป็นทางเลือกสำหรับนักพัฒนาเทคโนโลยีและเกษตรกรที่ไม่ต้องการเสียค่าบริการระบบ 3G เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลภายในฟาร์มและบริเวณใกล้เคียง เกษตรกรสามารถอัปเดตสมุดบันทึกของเกษตรกรบนหน้าเว็บส่วนตัวได้ด้วยเครือข่าย intranet ระบบจัดการฟาร์มแต่ละแห่งสามารถเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมทั้งราคาและความจำเป็นของแต่ละฟาร์มเพื่อไม่ให้ค่าใช้จ่ายสูงเกินไป⁴⁷

⁴⁶ M. Hirafuji et al. 2007

⁴⁷ Yuta Kawakami 2016

ในการสนับสนุนเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับการเกษตร รัฐบาลญี่ปุ่นได้พัฒนาแพลตฟอร์มความร่วมมือข้อมูลเกษตรระดับประเทศ (WAGRI) ซึ่งเริ่มใช้ได้จริงในปี 2019 ระบบนี้ออกแบบเพื่อให้เกษตรกรทั้งที่เป็นรายใหญ่ และเกษตรกรรายเล็กที่รวมกลุ่มได้ใช้ประโยชน์จากแพลตฟอร์ม (ดูรูปที่ 2.8) เพื่อให้หน่วยงานรัฐ บริษัทเอกชน และมหาวิทยาลัย ส่งข้อมูลมารวมกันเป็นข้อมูลส่วนกลางและนำไปใช้ ทำให้มีการรวบรวมข้อมูลจำนวนมาก⁴⁸ เช่น ข้อมูลพื้นที่เกษตร ดิน ปุ๋ย ยา⁴⁹ ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ส่งผลให้บริษัท ICT ที่พัฒนาอุปกรณ์ เครื่องมือ และระบบ เกิดขึ้นใหม่อย่างแพร่หลาย เทคโนโลยีไอโอทีที่อยู่ในญี่ปุ่นปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นเทคโนโลยีที่เหมือนกัน แต่มีการแข่งขันในด้านผลิตภัณฑ์เนื่องจากหลายบริษัทแข่งขันกันสร้างตัวเลือกจำนวนมากให้ทั้งฟาร์มเล็กและฟาร์มใหญ่ แพลตฟอร์มกลางนี้ก็ได้รับประโยชน์จากการเก็บเกี่ยวข้อมูลที่เกิดขึ้นจากระบบใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อไปต่อยอดพัฒนา IoT & AI ต่อไป นอกจากนี้รัฐบาลญี่ปุ่นยังลงทุนในเทคโนโลยีดาวเทียมเพื่อให้ข้อมูลมีความแม่นยำมากขึ้น โดยการพัฒนาซอฟต์แวร์ดาวเทียมให้ดีขึ้นและพัฒนาดาวเทียมตัวใหม่ด้วย โดยมีวิสัยทัศน์ว่าการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานเหล่านี้จะไม่เพียงสร้างประโยชน์ให้ภาคเกษตร แต่เป็นการลงทุนเพื่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ในทุกด้าน

รูปที่ 2.8. กรอบความคิดของการใช้เทคโนโลยีระหว่างฟาร์มขนาดใหญ่และฟาร์มขนาดเล็กในประเทศญี่ปุ่น (WAGRI)



ที่มา: Shibusawa (2001)

⁴⁸ เนื่องจากมีที่มาข้อมูลและรูปแบบข้อมูลที่หลากหลาย ระบบ WAGRI แก้ปัญหาความซับซ้อนของการทำให้ข้อมูลมีมาตรฐานเดียวกันด้วยการใช้โครงสร้างข้อมูลแบบยืดหยุ่น (FAO 2019)

⁴⁹ <https://www.openaccessgovernment.org/smart-agriculture/88122> (16 ต.ค. 63)

(2) เทคโนโลยีเกษตรในยุโรป

การศึกษาวิจัยและพัฒนาการของ Farming 4.0 ในยุโรปส่วนใหญ่ตอบสนองต่อการเกษตรบนที่ดินที่มีการเพาะปลูกธัญพืชแล้ว (arable farming) ซึ่งคิดเป็น 60% ของพื้นที่เกษตรทั้งหมดในปีค.ศ. 2013 ฟาร์มเหล่านี้มักมีขนาดใหญ่และต้องเป็นฟาร์มเปิด จึงต้องมีการใช้ข้อมูลเพื่อควบคุม ปัจจัยหลายปัจจัยที่มีพลวัตสูง เพื่อดูแลทรัพยากรดินและน้ำและตรวจวัดทรัพยากรที่เข้ามาและออกจากฟาร์มของตน (source to sink)⁵⁰ นอกจากนี้ฟาร์มในยุโรปมีแนวโน้มที่จะมีขนาดใหญ่ขึ้นอีกด้วย (farm consolidation)⁵¹ นอกจากนี้ยังมีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อการลดผลกระทบจากการใช้ที่ดินในด้านต่างๆ ของผู้มีส่วนได้เสีย ไม่ว่าจะเป็นการทำเกษตรแปลงใหญ่ การใช้ที่ดินประเภทอื่น (เช่น พื้นที่ชุมชน) และการใช้พื้นที่รักษาระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพของพืชและสัตว์ท้องถิ่น (Stoate, *et al.* 2001)

ปัจจุบันพัฒนาการของนวัตกรรม Farming 4.0 ในยุโรป ได้รับการสนับสนุนด้านการสร้างระบบนิเวศของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและการส่งเสริมการแข่งขัน โดยที่รัฐมีบทบาทการสนับสนุนและกำกับดูแลการร่วมกันพัฒนามาตรฐานของข้อมูลโดยภาคเอกชน ที่มีเป้าหมายให้เกษตรกรใช้ผลิตภัณฑ์และบริการเทคโนโลยีดิจิทัลของบริษัทต่างๆ ร่วมกันได้ (interoperability) และให้มีการแข่งขันระหว่างสตาร์ทอัพอย่างเปิดกว้าง ไม่ให้บริษัทใหญ่มีอำนาจเหนือตลาดด้วยมาตรฐานข้อมูลของตน รวมทั้งกำกับให้หน่วยงานรัฐและเอกชนมีความโปร่งใสในการส่งเสริมของรัฐต่อผู้พัฒนาเทคโนโลยี การสร้างโครงสร้างพื้นฐานและการส่งเสริมเกษตรกร เพื่อให้มีความทั่วถึงและให้การส่งเสริมมีประสิทธิภาพสูงสุด

การระดมทุนในการทำสตาร์ทอัพเพื่อพัฒนา Farming 4.0 ไม่ใช่เรื่องง่าย แม้แต่ในประเทศเยอรมันที่มีงานวิจัยเทคโนโลยีที่รุดหน้าไปแล้วยังประสบปัญหา การลงทุนด้านการเกษตรและอาหารมีจำนวนน้อย การลงทุนส่วนใหญ่เป็นการลงทุนของฟาร์มและบริษัทขนาดใหญ่ และผู้ลงทุนไม่มีความรู้ความเข้าใจในด้านเทคโนโลยีการเกษตร ทำให้ทั้งรัฐบาลและภาคเอกชนไม่กล้ารับความเสี่ยงจากการลงทุนในภาคเกษตร แม้ว่ารัฐจะทุ่มลงทุนให้สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทำวิจัยและพัฒนาก็ตาม ดังนั้นผู้ประกอบการสตาร์ทอัพจึงต้องสร้างสรรค์วิธีระดมทุน เช่น ขอกการสนับสนุนจากมูลนิธิต่างๆ (Foundations) ซึ่งให้ความอิสระในการพัฒนา และการเข้าหาผู้ลงทุนที่มีเป้าหมายเฉพาะทาง เช่น สตาร์ทอัพที่พัฒนาบิกดาต้าและ Machine Learning สตาร์ทอัพที่สามารถขยายธุรกิจไปประเทศอื่นได้ หรือสตาร์ทอัพที่พัฒนาเทคโนโลยีสำหรับฟาร์มขนาดเล็กเท่านั้น (เนื่องจาก 70% ของพื้นที่เกษตรทั่วโลกเป็นฟาร์มขนาดย่อม) นอกจากนี้ประเทศเยอรมันยังขาดนโยบายสนับสนุนระบบนิเวศของผู้ที่เกี่ยวข้องและการมีส่วนร่วมของเกษตรกร รวมทั้งกฎหมายและระเบียบที่ไม่เอื้อต่อการ

⁵⁰ EU Internet of Food and Farming (<https://www.iof2020.eu/trials/arable>)

⁵¹ Eurostats (2018)

พัฒนาและใช้เทคโนโลยี Farming 4.0 (Ketteler 2019) หลายประเทศในยุโรปก็ประสบกับปัญหาเหล่านี้เช่นกัน นโยบายการพัฒนา Farming 4.0 ของสหภาพยุโรปจึงมีโครงการส่งเสริมนวัตกรรม ที่ควรรวมตั้งแต่การประสานงานระหว่างภาคเอกชนและหน่วยงานท้องถิ่น เพื่อสร้างระบบนิเวศและเร่งกระบวนการการแก้ไขกฎระเบียบที่เป็นหรือกำลังจะเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนา (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างโครงการการลงทุนของ EU Commission เพื่อ Farming 4.0

โครงการ	ลักษณะโครงการ	วัตถุประสงค์
EU Commission DEMETER Horizon2020 เพื่อการ เพิ่มประสิทธิภาพของ การวิเคราะห์ข้อมูล (17 ล้านยูโร)	เพื่อสร้าง 20 โครงการนำร่องในพื้นที่ 25 แห่ง และมีเกษตรกรมีส่วนร่วม 6,000 ราย ในการทดสอบการทำงาน ของอุปกรณ์และเซนเซอร์ 38,000 หน่วย ในพื้นที่รวม 318,000 เฮกตาร์ใน 18 ประเทศ โดยมีหุ้นส่วน 60 ราย จาก การเกษตร 5 ภาค	1. วิเคราะห์และพัฒนาโมเดลข้อมูล สารสนเทศเพื่ออำนวยความสะดวกในการ แบ่งปันข้อมูล และใช้งานร่วมกันได้ ทำให้ ระบบไอโอทีและระบบจัดการข้อมูลใน ฟาร์มเชื่อมต่อกันได้ โมเดลข้อมูลเหล่านี้ จะเป็นฐานให้มีการแบ่งปันข้อมูลด้วย ความเชื่อใจกัน และให้เกษตรกรได้ใช้ ข้อมูล
EU Commission DEMETER Horizon2020 เพื่อการ เพิ่มประสิทธิภาพของ การวิเคราะห์ข้อมูล (1 ล้านยูโร)	เพื่อสร้างความร่วมมือร่วมกับบริษัทใหญ่ ระดับโลกและ World Farmers Organisation	2. สร้างกลไกแลกเปลี่ยนความรู้ นำเสนอ เทคโนโลยีจากผู้ขายที่หลากหลาย สนับสนุนการใช้ร่วมกันโดยการใช้ มาตรฐานแบบเปิด (open standard) และวางระบบความมั่นคงและความเป็น ส่วนตัว (business confidentiality) 3. ให้อำนาจแก่เกษตรกรให้ควบคุมข้อมูล ได้ด้วยการหาโมเดลธุรกิจที่ได้กำไรจาก ความร่วมมือระหว่างเกษตรกรด้วยกันเอง และผู้ประกอบการในห่วงโซ่คุณค่า 4. สร้างกลไกประเมินบริการและธุรกิจ เพื่อให้สอดคล้องกับประสิทธิผลและความ ยั่งยืนของกลุ่มเกษตรกร 5. สลับบทบาทระหว่างผู้ค้าส่งกับ เกษตรกร โดยหาโมเดลที่ทำให้ผู้ค้าส่ง ตอบสนองต่อความต้องการและบริบท ของเกษตรกร 6. แสดงให้เห็นความเปลี่ยนแปลงที่เกิด จากดิจิทัลเทคโนโลยี

โครงการ	ลักษณะโครงการ	วัตถุประสงค์
European Innovation Partnerships ในระดับประเทศและระดับภูมิภาค	ให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง coordinate เครื่องมือทางการเงินและการริเริ่มต่างๆ ที่มีอยู่เดิม	<ol style="list-style-type: none"> 1. ขับเคลื่อนการลงทุนการสาธิต นวัตกรรมและการทำ pilot projects 2. เตรียมพร้อม (คาดการณ์) และช่วยเร่งให้กระบวนการทางกฎระเบียบและ standards ที่จำเป็นต้องใช้ 3. ทำให้เกิด public procurement และการนำสินค้าและบริการเข้าสู่ตลาด
การเชื่อมโยงนโยบาย	<ol style="list-style-type: none"> 1. Environmental Policy (ไปถึงการใช้ instrument เช่น taxing สารตกค้างในดินของฟาร์ม), 2. Food safety policy (ให้ทำ traceability) การ recall อย่างเข้มงวด 3. competition policy มีการทบทวน mergers และ การช่วยเหลือของรัฐ และ liberalization <ul style="list-style-type: none"> - การทำ data standardization จะช่วยป้องกัน monopoly และ lock-in effects 4. นโยบายนวัตกรรมและวิจัย วิทยาศาสตร์ที่รวมถึงการนำไปใช้โดยภาคเอกชนหรือการจัดซื้อจัดจ้างสาธารณะ ใช้แนวทางของนโยบายนวัตกรรมโดยอุปทานนำ (demand-side policies for innovation) และส่งเสริมนวัตกรรมโดยภาคประชาชน นวัตกรรมทางสังคม และ European Innovation Partnership 5. Comprehensive IPR strategy (EU) มีวัตถุประสงค์ให้ต้นทุนของ inventors ต่ำลง รวมถึงในการจด patent เพื่อสนับสนุนนวัตกรรม การจ้างงาน และความสามารถในการแข่งขัน 	<p>ผลักดันตัวขับเคลื่อนที่ทำให้ภาคเกษตรเพิ่มประสิทธิภาพโดยใช้ข้อมูลความรู้ มี 5 มิติ คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การผลักดันให้มีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น 2. ให้มีการลดการมีสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม 3. กำหนดให้มีคุณภาพ/ความปลอดภัยอาหารมากขึ้น 4. ให้มีการแข่งขันในตลาดรวมทั้งรายย่อย 5. และให้รัฐเป็นผู้สนับสนุนการเปิดเผยและแบ่งปันข้อมูลในรูปแบบที่ใช้ได้กว้างขวาง

ที่มา: Future Farming 2019, European Parliament Research Service 2016

(3) เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ในสหรัฐอเมริกา

ในปัจจุบัน 90% ของเกษตรกรในสหรัฐอเมริกามีการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการผลิตอาหาร ทำให้เกษตรกรเพิ่มผลผลิตได้หนึ่งเท่าโดยที่ไม่ได้เพิ่มผลกระทบ (footprint) ต่อสิ่งแวดล้อมของฟาร์ม เกษตรกร บริษัทเอกชนและรัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้ลงทุนเพื่อการพัฒนาเกษตรสมัยใหม่ตลอด 50 ปีที่ผ่านมา (ตั้งแต่ช่วง ค.ศ. 1960-1970) และเริ่มใช้เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำในปี ค.ศ. 2000 ตลาดเทคโนโลยี Farming 4.0 มีแนวโน้มเติบโต 15.3% ระหว่างปี ค.ศ. 2020-2025⁵² สัดส่วนของพื้นที่ฟาร์มเพาะปลูกในสหรัฐอเมริกาที่ใหญ่กว่า 2000 เอเคอร์ต่อฟาร์ม (หรือ 5,000 กว่าไร่) เพิ่มขึ้นจาก 24% เป็น 34% ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดในเวลา 10 ปี (2001-2011)⁵³ เกษตรกรมีการใช้เทคโนโลยีติดตามผลผลิต (yield monitoring) ใน 70% ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดและถั่วเหลืองทั้งหมดของประเทศ เพราะเทคโนโลยีเซนเซอร์ใช้กับข้าวโพดได้ดีกว่าพืชประเภทอื่นมาก⁵⁴ จากงานวิจัย USDA ในปี 2016 เพื่อศึกษาประโยชน์ที่เกษตรกรได้รับเมื่อใช้เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำ⁵⁵ โดยเฉพาะการใช้ GPS และ variable-rate input สำหรับผู้ปลูกถั่วเหลืองและข้าวโพด พบว่ากำไรของเกษตรกรขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหลายประการ เช่น การมีเครื่องมือและเครื่องกลใหม่ ส่วนการตัดสินใจนำเทคโนโลยีมาใช้ในฟาร์มนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านแรงงาน เครื่องกล ขนาดฟาร์ม และปัจจัยด้านกำไร ได้แก่ กำไรสุทธิ (net returns) และกำไรจากการดำเนินงาน (operating profits)

แม้ว่าภาคเกษตรถือว่าเป็นภาคที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลน้อยและช้าที่สุดในสหรัฐอเมริกา แต่วงการการพัฒนาเทคโนโลยี Farming 4.0 ได้รับประโยชน์จากการมีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการสร้างนวัตกรรม โดยเฉพาะสตาร์ทอัพด้านเทคโนโลยีดิจิทัล ได้แก่ การเป็นประเทศผู้นำด้านการพัฒนาโปรแกรมและอุปกรณ์ด้าน AI รวมถึงการมีบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรขนาดใหญ่สำหรับเกษตรกรรายใหญ่ เช่น John Deere ซึ่งสามารถซื้อบริษัทเทคโนโลยีหรือซื้อเทคโนโลยีไปใช้ในการพัฒนา/สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ทำให้ระบบ Farming 4.0 ของสหรัฐอเมริกาเกิดประโยชน์จากขนาด (economy of scale)⁵⁶ รวมถึงการมีอุปสงค์ขนาดใหญ่ในประเทศและมีตลาดต่างประเทศทั่วโลก นอกจากนี้ผู้เล่นที่เป็นบริษัทเอกชนขนาดใหญ่และเล็กที่ทำวิจัยเอง ยังมีงานจากศูนย์วิจัยต่างๆ ทั้งของกระทรวงเกษตร (USDA) และ มหาวิทยาลัยต่างๆ (โดยเฉพาะ land-grant university) ที่มุ่งเน้นให้เกษตรกรใช้ประโยชน์ได้จริง นอกจากนี้ยังไม่มีการศึกษาหรือข้อเสนอแนะเรื่องความจำเป็นในการทำแพลตฟอร์มข้อมูลกลาง เพราะองค์กรและบริษัทเอกชนต่างก็สามารถเข้าถึงและใช้ข้อมูลของรัฐเปิดเผยอยู่แล้ว หรือใช้ข้อมูลที่ซื้อขายกันเป็นปกติ เช่น ข้อมูลดาวเทียม และ USDA ยังมีการเปิดเผย

⁵² PRNewswire (2019)

⁵³ David Schimmelpfennig 2017

⁵⁴ Radhi MZA (2020)

⁵⁵ David Schimmelpfennig 2017

⁵⁶ Computer Vision และเทคโนโลยีวิเคราะห์ข้อมูล โดย Blue River Technologies

ข้อมูลทีวิเคราะห์แล้ว รวมทั้งเผยแพร่โปรแกรมช่วยตัดสินใจสำหรับเกษตรกรให้สาธารณะใช้อีกด้วย (Macdonald et al., 2013, USDA Ag Data Commons)

การพัฒนาเทคโนโลยี Farming 4.0 และการประยุกต์ใช้ได้จริงในฟาร์มของเกษตรกรเพื่อให้เกษตรกรได้รับประโยชน์สูงสุดทั้งเชิงประสิทธิภาพและคุณภาพของการผลิต มีอุปสรรคในหลายมิติ ตั้งแต่ต้นทุนที่สูง การลงทุนในการวิจัยนวัตกรรม การสร้างฐานข้อมูลขนาดใหญ่ และการเข้าถึงของเกษตรกรรายย่อย การมีฟาร์มเกษตรขนาดใหญ่ขึ้นหรือเกษตรกรที่รวมกลุ่มอาจเป็นปัจจัยที่เอื้อต่อการใช้เทคโนโลยี ประสบการณ์ของประเทศญี่ปุ่นแสดงให้เห็นว่า การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานและงานวิจัยล่วงหน้าจะช่วยให้เกษตรกรได้ใช้เทคโนโลยีได้จริงในชีวิตประจำวันในระดับหนึ่ง และการทำแพลตฟอร์มข้อมูลส่วนกลางเช่นประเทศญี่ปุ่นหรือทำมาตรฐานข้อมูลในยุโรปสามารถขับเคลื่อนการร่วมเก็บข้อมูลและนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ได้จริงและทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีและแอปพลิเคชันตามมา สหภาพยุโรปเน้นการสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยี เช่น การสร้างความร่วมมือระหว่างภาคส่วนในการทำโครงการร่วมกันและการทำให้เกิดการแข่งขันอย่างกว้างขวางและป้องกันการครองตลาดของบริษัทใหญ่หรือการสนับสนุนอย่างไม่ทั่วถึงของรัฐ สหรัฐอเมริกาพัฒนานักวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้วยระบบตลาดซึ่งครอบคลุมระบบสร้างแรงจูงใจให้นักวิจัย ในบทต่อไปจะกล่าวถึงทฤษฎีว่าด้วยนวัตกรรมและความเปลี่ยนแปลง และการวิเคราะห์ในบริบทของประเทศไทย

นอกจากบทบาทของรัฐบาลทั้งสามประเทศแล้ว รายงานของ World Government Summit ยังให้บทเรียนสำคัญเกี่ยวกับบทบาทของรัฐบาลในการส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่หรือเกษตรอัจฉริยะ กล่าวคือ รัฐบาลควรปรับเปลี่ยนบทบาทการส่งเสริม/สนับสนุนครั้งใหญ่ เพราะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเป็นโอกาสสำคัญที่ช่วยให้ประเทศสร้างความมั่นคงด้านอาหาร กลายเป็นผู้ส่งออกอาหารที่มีมูลค่ามากขึ้น รวมทั้งเป็นเจ้าของทรัพย์สินทางปัญญา ขยายความรู้ด้านเทคโนโลยีการเกษตร และเปลี่ยนแปลงระบบเศรษฐกิจ เป็น “knowledge based economy”

WGS เสนอให้บูรณาการแนวทางการส่งเสริม/พัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรแบบดั้งเดิม (คือรัฐเป็นผู้ส่งเสริมและอำนวยความสะดวก) กับแนวทางพัฒนาแบบใหม่ (ซึ่งเน้นการดำเนินงานแบบ targeted goal หรือการทำงานแบบมุ่งเป้า) นโยบายและมาตรการในการดำเนินงานของรัฐ ได้แก่ (1) การปรับปรุง ecosystem เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ และทำให้สภาพแวดล้อมเอื้อต่อการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยี (ข) ให้แรงจูงใจแก่เกษตรกรและบริษัทเอกชน (ค) สร้างนักวิจัยและให้แรงจูงใจที่เหมาะสม (ง) ส่งเสริมการใช้ big data ด้วยการรวบรวมข้อมูลของหน่วยงานรัฐและเปิดเผยให้นักวิจัยและบริษัทเอกชนนำไปใช้ ในสหรัฐอเมริกา หน่วยงานของรัฐได้รวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ นำมาวิเคราะห์ แล้วเปิดเผยต่อสาธารณะ (ดู [USDA Ag Data Commons](#)) (จ) การกำกับ

ควบคุมภาคเกษตรและบริษัทด้านเทคโนโลยีเกษตรแบบยืดหยุ่น และ (ฉ) ให้บริการโครงสร้างพื้นฐานที่มีราคาไม่แพง (ดูรายละเอียดใน De Clercq et al., 2018)

รายงานฉบับดังกล่าวยังถอดบทเรียนสำคัญจากโครงการ Apollo Project ของประธานาธิบดีเคนเนดี ที่ต้องการส่งมนุษย์ไปดวงจันทร์ จนประสบความสำเร็จในปี 1969 บทเรียนสำคัญ มี 6 ข้อ ดังนี้

- ก) Channel energies คือ แทนที่จะเริ่มกำหนดทิศทางใหม่ในการพัฒนาเทคโนโลยี รัฐบาลนำศักยภาพที่มีอยู่ มาใช้ประโยชน์ให้เต็มที่
- ข) Don't be prescriptive เคนเนดีตั้งเป้าหมายที่ชัดเจนและกำหนดเงื่อนไขที่ชัดเจนกับการกำหนดเส้นตาย ส่วนรายละเอียดเรื่องโครงการ และระยะเวลา ปล่อยให้เป็นที่ของผู้เชี่ยวชาญ (แนวคิดนี้ตรงข้ามกับแผนยุทธศาสตร์แห่งชาติของไทย)
- ค) เป็นหุ้นส่วนกับฝ่ายต่างๆ โครงการของ NASA ร่วมมือกับบริษัท 12,000 แห่ง และอาจารย์มหาวิทยาลัยจำนวนมาก
- ง) Take small steps แผนงานที่ดีประกอบด้วยโครงการขนาดเล็กๆ ที่มีทีมดำเนินงานรับผิดชอบ มีเป้าหมาย และผลลัพธ์ที่ชัดเจน
- จ) Get return on your investment as you go พันธกิจแต่ละพันธกิจสะท้อนว่าสหรัฐอเมริกามีความเหนือชั้นในด้านเทคโนโลยีอวกาศมากกว่าโซเวียต เพราะขณะที่ดำเนินงานตามพันธกิจ แผนงานต่างๆ จะเกิดดอกผลระหว่างทาง ไม่ใช่รอดอกผลตอนจบโครงการ
- ฉ) Communicate progress ต้องสื่อสารเล่าเรื่องความสำเร็จ ความล้มเหลวให้ประชาชนเข้าใจตลอดเวลา

2.5. การแข่งขันของบริษัทข้ามชาติด้านเทคโนโลยีการเกษตร

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีดิจิทัลทำให้ตลาดสินค้าเกษตรและอาหารมีการแข่งขันรุนแรงขึ้น บริษัทข้ามชาติด้านเทคโนโลยีการเกษตรจึงต้องเพิ่มการลงทุนในเทคโนโลยีทั้งสองด้านเพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน แต่ข้อจำกัดด้านความรู้ของแต่ละบริษัททำให้บริษัทข้ามชาติเคมีการเกษตรและเมล็ดพันธุ์ จำเป็นต้องควบรวมกันเพื่อช่วงชิงความเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ต้องลงทุนขนาดใหญ่และอาศัยองค์ความรู้ที่แตกต่างกันของแต่ละบริษัท เช่น การที่บริษัท Bayer ผู้ผลิตยาและสารเคมีของเยอรมัน เข้าควบรวมกิจการของบริษัท Monsanto ที่เป็นยักษ์ใหญ่ด้านผลิตภัณฑ์การเกษตรของสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2018 บริษัท Bayer แถลงว่าวัตถุประสงค์ประการหนึ่งของการเข้าควบรวมบริษัท Monsanto ก็เพื่อเพิ่มการวิจัยและนวัตกรรมด้าน

การเกษตร⁵⁷ นอกจากนั้นก็มีการควบรวมระหว่าง DuPont กับ Dow กลายเป็นบริษัทใหม่ คือ Dow DuPont ในปี ค.ศ. 2017 โดยจะมี 3 แผนกหลัก ได้แก่ เกษตร วิทยาศาสตร์ด้านวัสดุ และสินค้าพิเศษ อีกกรณีคือการที่บริษัท ChemChina ที่เป็นของรัฐบาลจีนเข้าควบรวมกับบริษัท Syngenta ที่เป็นยักษ์ใหญ่ด้านสารเคมีการเกษตรและเมล็ดพันธุ์ ในปี ค.ศ. 2016⁵⁸ การควบรวมดังกล่าวจะเอื้อให้บริษัทใหม่เหล่านั้นอยู่ในตำแหน่งและสถานะที่ดีขึ้นในการลงทุนด้านวิทยาศาสตร์และนวัตกรรม และการแข่งขันที่รุนแรงขึ้นในตลาดโลก⁵⁹

การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและการควบรวมของบริษัทข้ามชาติที่เป็นยักษ์ด้านการเกษตรดังกล่าว เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่จำนวนคนชั้นกลางในประเทศเกิดใหม่เพิ่มขึ้นมาก ทำให้แบบแผนการบริโภคเปลี่ยนแปลงขนานใหญ่ มาตรฐานความเป็นอยู่ดีขึ้น คนชั้นกลางมีความต้องการสินค้าคุณภาพ ปลอดภัย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ขณะเดียวกัน หลายประเทศทั้งที่พัฒนาแล้ว และกำลังพัฒนา (เช่น จีน ไทย) ได้ก้าวสู่การเป็นสังคมสูงอายุแล้ว หรือกำลังก้าวเข้าสู่สังคมสูงอายุ ทำให้มีความต้องการอาหารที่ดีต่อสุขภาพ ปลอดภัย และมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้น สินค้าการเกษตรในปัจจุบันและอนาคตที่จะขายได้ต้องปลอดภัย มีคุณค่าโภชนาการ มีรูป-รส-กลิ่นที่พึงประสงค์สำหรับผู้บริโภคสมัยใหม่ เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่จะเป็นเครื่องมือสำคัญในการผลิตสินค้าสนองความต้องการที่หลากหลายของตลาด

3. การชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านนวัตกรรมและสถาบัน (induced innovation/institutional changes)

3.1 แนวคิดที่ว่าด้วยการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านนวัตกรรมและสถาบัน

เมื่อเทคโนโลยีมิได้หล่นจากฟ้า และไม่ไช่ของฟรี คำถามคือ เทคโนโลยีและนวัตกรรมต่างๆ เกิดขึ้นมาได้อย่างไร

ในประวัติศาสตร์ของมนุษย์ การพัฒนาเทคโนโลยีเกิดจากความจำเป็นของมนุษย์ เช่น ฟาโรห์อียิปต์และพระยาเม็งราย คิดและสร้างระบบชลประทานเพื่อเพิ่มผลผลิตเลี้ยงประชากรในอาณาจักร เมื่อสถานการณ์บางอย่างเปลี่ยนแปลงไป มนุษย์จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงวิธีทำงาน ตลอดจนกฎเกณฑ์ และแรงจูงใจเพื่อคิดค้นและนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่านวัตกรรม

⁵⁷ นอกจากนั้น บริษัทจะลบชื่อบริษัท Monsanto ออก เพราะปัญหาภาพลักษณ์ทางลบของมอนซานโต้ กับผลิตภัณฑ์ด้าน GMO แต่บริษัท Bayer จะไม่เปลี่ยนตราสินค้าของ Monsanto (www.businessinsider.com, 12 มิย. 2563)

⁵⁸ www.globalinvesting.com, 12 มิย. 2563

⁵⁹ corporate.dow.co, 12 มิย.2563

ในความเห็นของ Klerkx, van Mierlo and Leeuwis (2012) “นวัตกรรมมิได้มีความหมายแคบๆ แค่เทคโนโลยี แต่หมายรวมทั้งวิสัยทัศน์ (ของมนุษย์) เกี่ยวกับภาพในอนาคตที่จะเกิดขึ้น วิสัยทัศน์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ย่อมต้องมีการเปลี่ยนแปลงของขอบเขตหลายๆด้าน นวัตกรรมเกิดจากความจำเป็น ความทะเยอทะยานและความฝันของมนุษย์ ทำให้มนุษย์ในสถานะต่างๆ ในสังคมต้องเปลี่ยนวิถีการดำรงชีวิต และวิถีการทำงาน”⁶⁰ ดังนั้น นวัตกรรมจึงมีความหมายครอบคลุมถึงการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยี สังคม เศรษฐกิจ หรือสถาบัน (ดูรูปที่ 3.1)

นักเศรษฐศาสตร์สถาบันผู้พัฒนาแนวคิด “การชักนำให้เกิดนวัตกรรม” (induced innovation) สรุปความหมายของทฤษฎีดังนี้

“การเปลี่ยนแปลงด้านนวัตกรรมเกิดจากความต้องการของมนุษย์ที่เปลี่ยนไปภายใต้แรงกดดันต่างๆ ต่อฐานะทรัพยากรของประเทศ (ไม่ว่าจะเป็นแรงงาน หรือที่ดิน) เช่น การขาดแคลนแรงงานทำให้ค่าจ้างสูงขึ้น ผลคือมนุษย์จะเริ่มคิดค้นหาเครื่องจักรทุนแรงมาใช้แทนแรงงานคนและสัตว์ อย่างไรก็ตามรัฐย่อมมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงด้านนวัตกรรม” (Ruttan and Hayami 1984)

ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงเชิงสถาบันที่เกิดขึ้นกับภาคเกษตรไทยเกิดขึ้นหลังจากสนธิสัญญาเบาว์ริงที่อังกฤษต้องการให้ไทยเปิดการค้าข้าวเสรีแทนการผูกขาดโดยพระมหากษัตริย์ เพราะอังกฤษต้องการซื้อข้าวไปเลี้ยงพลเมืองในอาณานิคมของตน ในเวลาเดียวกันราคาข้าวในตลาดโลกพุ่งสูงขึ้น และต้นทุนการขนส่งทางทะเลก็ถูกลง ความต้องการข้าวที่เพิ่มขึ้น ทำให้ไทยต้องขยายพื้นที่เพาะปลูก แต่ประสบข้อจำกัดหลายด้าน เช่น การขาดแคลนแรงงาน ที่ดิน และน้ำ ดังนั้นจึงเกิดการเลิกทาส การสถาปนาระบบกรรมสิทธิ์ที่ดินเอกชน (Feeny 1982; Ruttan and Hayami 1984) รวมทั้งการขุดคลองรังสิต และการสร้างทางรถไฟ

⁶⁰ INNOVATION is not just technology, but rather a comprehensive vision of what the future should look like which requires changes in many ambits. Innovation is driven by people’s needs, ambitions and dreams, and requires that people at different positions in society CHANGE the way they work and live.

รูปที่ 3.1 Innovation meaning

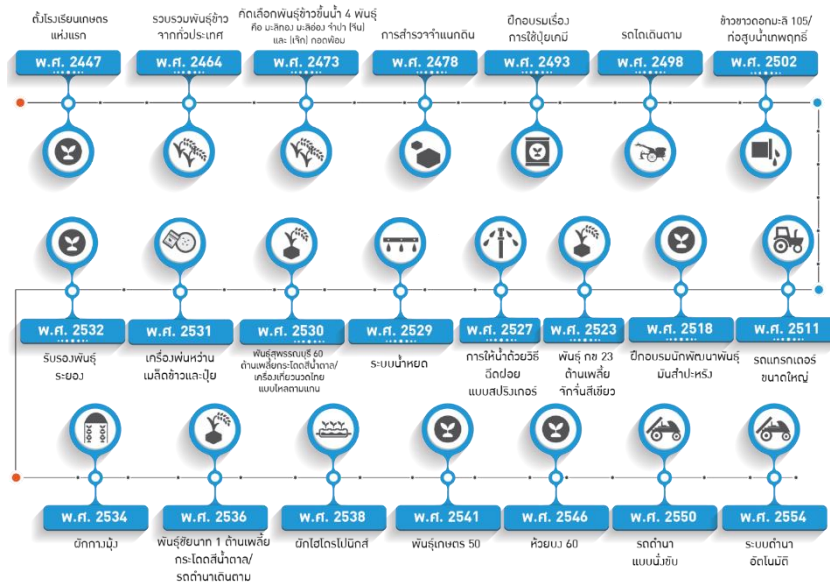


ที่มา Klerkx, van Mierlo and Leeuwis, 2012

บทบาทด้านนโยบายของรัฐในเวลานั้นเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ทำให้การเกษตรไทยเปลี่ยนโฉมเป็นเกษตรที่ทันสมัย (Transformation) โฉมหน้าปัจจุบันของภาคเกษตรไทยล้วนมีรากฐานมาจากการสถาปนาสถาบันใหม่ๆ หลังสนธิสัญญาเบาว์ริงดังกล่าวแล้ว (ดู Nipon and Kamphol 2020) นอกจากนี้ในหลวงรัชกาลที่ 5 ยังส่งนักเรียนไทย 5 คน ไปเรียนวิชาเกษตรสมัยใหม่ที่ยุโรปและอเมริกา พระยาโกษากร (นายตี มีลินทกร) หนึ่งในนักเรียนทุน ซึ่งต่อมาดำรงตำแหน่งหัวหน้าสถานีข้าวรังสิตเป็นผู้รวบรวมพันธุ์ข้าวกว่า 100 พันธุ์⁶¹ พันธุ์ข้าวที่พระยาโกษากรรวบรวมไว้ดังกล่าวกลายเป็นรากฐานสำคัญของการฝึกอบรมนักปรับปรุงพันธุ์ข้าวไทยจำนวนกว่า 100 คนโดย ศ. Love จาก Cornell University ในปี 2498-2499 นอกจากนี้ยังมีการจัดตั้งโรงเรียนการเกษตรและหน่วยงานด้านเกษตรสมัยใหม่ตั้งแต่รัชกาลที่ 5 ไทยจึงกลายเป็นประเทศแรกๆ ในเอเชียที่มีความสามารถในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว หลังจากนั้น รัฐบาลไทยก็มีการลงทุนด้านการวิจัยการเกษตรอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกษตรกรไทยมีเทคโนโลยีใหม่ๆ ให้ใช้ตลอด ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.2 Ammar Siamwalla (1992) เคยบรรยายว่าเกษตรกรไทยไม่เคยล้มสมัยเรื่องการใช้นวัตกรรมใหม่ๆ เพราะประสบการณ์จากการใช้เทคโนโลยีและพันธุ์ใหม่ๆ ทำให้เกษตรกรมีความชำนาญและความเข้าใจเทคโนโลยีอย่างถ่องแท้ นี่คือต้นตอสำคัญของการเติบโตของผลิตภาพรวมด้านการเกษตร (total factor productivity) ความสามารถในการแข่งขันของสินค้าเกษตรส่งออกของไทย (Nipon and Kamphol 2020) ตารางที่ 3.1 แสดงหลักฐานสนับสนุนความเห็นของอัมมาร เพราะเกษตรกรไทยส่วนใหญ่ใช้เครื่องจักรกลการเกษตรอย่างแพร่หลาย (ดูคำอธิบายเพิ่มเติมข้างล่าง)

⁶¹ พันธุ์ข้าวปีนแก้วที่รวบรวมได้ขณะการประกวดในเวลาต่อมา

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างเทคโนโลยีที่ใช้ในภาคเกษตรไทย



ที่มา : รวบรวมโดยผู้เขียน

3.2 การปรับปรุงและการใช้เทคโนโลยีการเกษตร

คนจำนวนมากมีมายาคติว่าภาคเกษตรกรรมเป็นภาคที่ล้าหลังด้านเทคโนโลยี อัมมารสยามวาลา อธิบายต้นตอของมายาคติว่าเกิดจากการที่เกษตรกรรมเป็นภาคการผลิตดั้งเดิมมาแต่โบราณ และมนุษย์บริโภคอาหารได้จำกัด เมื่อรายได้เพิ่มขึ้น สัดส่วนค่าใช้จ่ายอาหารจึงลดลง (อุปสงค์ต่ออาหารมีความยืดหยุ่นต่อรายได้ต่ำ) นอกจากนั้นเมื่อประเทศพัฒนาขึ้น สัดส่วนรายได้จากเกษตรจะลดลง ดังนั้นภาคเกษตรจึงเป็นอุตสาหกรรมอาทิตย์อัสดงที่ไม่มีอนาคต นี่คือเหตุผลที่ราคาสินค้าเกษตรมีแนวโน้มลดลง (Siamwalla 1992)

แม้ปรากฏการณ์เหล่านั้นจะเป็นจริง แต่ภาคเกษตรมิได้ล้าหลังด้านเทคโนโลยี ตลอดประวัติศาสตร์สมัยใหม่ของมวลมนุษยชาติ เทคโนโลยีการเกษตรมีการเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตตลอดเวลา หากไม่มีเทคโนโลยีด้านเมล็ดพันธุ์และการใช้ปุ๋ยเคมี ราคาสินค้าเกษตรทั่วโลกจะไม่ตกต่ำอย่างที่เห็น พัฒนาการของเทคโนโลยีชีวภาพ และเทคโนโลยีดิจิทัลที่อธิบายในตอนที่ 2 เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าภาคเกษตรกำลังก้าวสู่การปฏิวัติเขียวรอบใหม่ที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่

เทคโนโลยี หมายถึง ความรู้และการเรียนรู้จนเกิดความเชี่ยวชาญ (mastery) เรื่องกระบวนการผลิตทั้งในระดับฟาร์ม และในระดับภาคการผลิตโดยรวม ความรู้และความเชี่ยวชาญดังกล่าวไม่ต้องใช้ปริญญามหาวิทยาลัย แต่เกิดจากประสบการณ์ที่สั่งสมเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตาม บางครั้งก็มีความจำเป็นที่ภาคเกษตรต้องอาศัยความรู้ด้านเทคโนโลยีเก่าและเทคโนโลยีใหม่ในการ

แสวงหาสาเหตุและแก้ปัญหาแมลงศัตรูเกิดปัญหาอย่างแก้ว หรือปัญหาข้าวหอมมะลิ 105 ที่ร้อยเอ็ดให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำมาก⁶² (ดูตอนที่ 4 เพิ่มเติม)

เนื้อหาในตอนนี้จะอธิบายบทบาทของผู้มีส่วนได้เสียในการปรับปรุงและการใช้เทคโนโลยีเกษตร 4 ด้านในปัจจุบันและอนาคต คือ การปรับปรุงพันธุ์ (genetic improvement) การจัดการทรัพยากรในฟาร์ม (resource management) การใช้เครื่องจักรกลการเกษตร (mechanization)⁶³ และล่าสุดคือเทคโนโลยีการเข้าถึงตลาด คำอธิบายจะเน้นความได้เปรียบ-เสียเปรียบในการปรับปรุงเทคโนโลยีแต่ละประเภทของผู้มีส่วนได้เสียแต่ละกลุ่ม (ตารางที่ 3.1)

ก) เครื่องจักรกลการเกษตร ในบรรดาเทคโนโลยี 4 ด้าน การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตรมีปัญหาน้อยที่สุด เพราะการใช้เครื่องจักรกลเป็นกระบวนการด้านฟิสิกส์ ไม่ใช่ชีววิทยา

บริษัทเอกชนเป็นผู้มีบทบาทหลักในการพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร (ตารางที่ 3.1) เพราะสามารถกักตวงผลประโยชน์จากการลงทุนวิจัยพัฒนา แม้จะมีบริษัทอื่นลอกเลียนแบบไว้ แต่ปัจจุบันก็มีกฎหมายสิทธิบัตรคุ้มครอง นอกจากนี้ชื่อเสียงของบริษัทก็ช่วยให้บริษัทดักตวงผลประโยชน์จากการลงทุนได้ ดังนั้นในอนาคต บทบาทการพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรจะยังเป็นของบริษัทเอกชน อย่างไรก็ตาม รัฐโดยเฉพาะมหาวิทยาลัยจะมีบทบาทสำคัญด้านการสนับสนุนการวิจัย โดยเฉพาะการวิจัยพื้นฐาน การสนับสนุนนี้เป็นเรื่องสำคัญหากรัฐต้องการให้ภาคเกษตรกลายเป็นอุตสาหกรรมที่มีเทคโนโลยีสูง (high-tech industry) เพราะประเทศที่เป็นผู้ส่งออกสินค้าเกษตรรายใหญ่ของโลกล้วนมีความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในด้านการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร ข้อมูลจากการทำสำมะโนการเกษตร พบว่าเกษตรกรไทยมีอัตราการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรในระดับที่สูงมาก (ดูตารางที่ 3.2) เหตุผลใหญ่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานที่ทำให้ค่าจ้างภาคเกษตรถีบตัวขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ต้นทศวรรษ 2530 เป็นต้นมา ปัจจัยสำคัญอีกหนึ่งปัจจัย คือ บทบาทของตลาดบริการเครื่องจักรกลการเกษตรขนาดใหญ่ เช่น แทรคเตอร์ และรถเก็บเกี่ยว (combine harvester) ผู้ให้บริการแทรกเตอร์สำหรับการเตรียมแปลงไถก่อนเพาะปลูกจะเป็นเจ้าของรถไถในท้องถิ่น ส่วนรถเก็บเกี่ยวข้าวเป็นของเกษตรกรรายใหญ่ในภาคกลางที่เริ่มจากการให้บริการเก็บเกี่ยวข้าวในพื้นที่รอบไร่ของตนเองก่อน แต่เนื่องจากการทำนาปีของไทยนิยมปลูกข้าวไวแสงที่จะสุกไม่พร้อมกัน ชาวนาในภาคเหนือและภาคอีสานที่ขาดแคลน

⁶² ตัวอย่างแมลงศัตรูและข้าว เป็นการใช้ “เทคโนโลยีเก่า” แก้ปัญหาเกษตรกรขาดความรู้ นักวิจัยสามารถใช้เทคโนโลยีเก่าในการค้นหาสาเหตุและวิธีแก้ไขให้ได้ แต่ประโยชน์ของเทคโนโลยีใหม่ คือ social media (เช่นการใช้ youtube) เป็นเครื่องมือ ที่นักวิจัยสามารถใช้ในการถ่ายทอดความรู้เรื่องการแก้ปัญหาให้แก่เกษตรกรทั่วประเทศได้โดยมีต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพกว่าการใช้วิธีอบรมแบบดั้งเดิม ส่วน “การใช้เทคโนโลยีใหม่” บริษัทเอกชน (ผู้ผลิตปัจจัยการผลิตและ supermarkets) เป็นกลุ่มแรกที่เริ่มนำเทคโนโลยีดิจิทัล/ICT มาใช้สื่อสารกับเกษตรกร/ร้านค้าปัจจัยการผลิต และผู้บริโภคในระบบค้าปลีกค้าส่งสมัยใหม่ วัตถุประสงค์ของการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล/ict เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการใช้ปัจจัยการผลิต และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

⁶³ เนื้อหาบางส่วนสรุปย่อจากอัมมาร สยามวาลา (2541)

แรงงานจึงสามารถว่าจ้างใช้บริการเก็บเกี่ยวจากเจ้าของรถเก็บเกี่ยวในภาคกลาง ตลาดการว่าจ้างเครื่องเก็บเกี่ยวมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วจนมีการแข่งขันกันเต็มที่ การสำรวจของสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (2555) ในปี 2555 พบว่าอัตราค่าบริการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มคงที่ (ประมาณ 450 บาทต่อไร่) ระหว่างช่วง 10 ปีก่อนวันสำรวจ

การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องตัดอ้อยขนาดใหญ่เกิดจากการริเริ่มของบริษัทใหญ่ที่นำเข้าเครื่องตัดอ้อยจากออสเตรเลีย เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ต่อมาก็มีการพัฒนาปรับปรุงเครื่องตัดอ้อยให้เหมาะสมกับขนาดไร่ และวิธีการปลูกอ้อยในประเทศ ทำให้มีการใช้เครื่องตัดอ้อยมาก

ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาเกิดตลาดบริการการปลูกต้นกล้าข้าวด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ บริษัทที่ให้บริกาครั้งนี้เริ่มจากเกษตรกรหัวก้าวหน้าในภาคกลางที่ทดลองใช้เครื่องปลูกนำเข้าของญี่ปุ่นได้แก่ คูโบต้า และยันม่า นอกจากนี้มีผู้ประกอบการรายย่อยนำเข้ารถดำนามือสองยี่ห้ออื่นๆ จากญี่ปุ่นเข้ามาขายในประเทศไทยด้วย ปัจจุบันรถดำนาได้รับความนิยมไปทั่วประเทศ มีเกษตรกรจำนวนมากผันตัวมาเป็นผู้ให้บริการจำหน่ายกล้าและดำนาด้วยรถดำนาอัตโนมัติ มีผู้ให้บริการรถดำนาที่โฆษณาผ่าน facebook มากถึง 118 ราย จำนวนมากอยู่ในภาคอีสาน ราคาค่าบริการดำนารวมต้นกล้าแล้ว 1,200-1,500 บาทต่อไร่ขึ้นกับระยะทาง เมล็ดพันธุ์ลูกค้าเป็นผู้รับผิดชอบผู้ให้บริการจะนำมาเพาะให้หรือในกรณีซื้อกล้าข้าวด้วยจะคิดราคาเป็นถาด ราคาถาดละ 20 บาท 1 ไร่ใช้ประมาณ 50 ถาด

นอกจากบริการดำนาที่ได้รับความนิยมแล้ว บริการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชหรือแมลงก็ได้รับการปฏิบัติโดยอากาศยานไร้คนขับ (โดรน) จากสถิติของ กสทช. ในปี 2561 มีโดรนจดทะเบียนถึง 14,509 ลำ แม้ว่าจะไม่สามารถจำแนกได้ว่าเป็นโดรนเพื่อการเกษตรจำนวนเท่าไร แต่ ธกส. รายงานว่าในปีเดียวกันมีผู้ขอสินเชื่อเพื่อจัดซื้อโดรนเกษตรจำนวน 60 ลำ และคาดว่าจะมีการขอสินเชื่ออีก 100 ลำในปี 2562 (voicetv 12 พ.ค. 2562) ปัจจุบันมีผู้ให้บริการโดรนพ่นยาที่โฆษณาผ่าน facebook มากถึง 24 ราย ค่าบริการมีราคาตั้งแต่ไร่ละ 60-120 บาท ขึ้นกับระยะทาง สาเหตุที่โดรนพ่นยาได้รับความนิยมเนื่องมาจากแรงงานที่ให้บริการฉีดพ่นสารเคมีเริ่มขาดแคลน การใช้โดรนสามารถทำงานได้เร็วกว่าแรงงานคนราว 4 เท่าในราคาที่ใกล้เคียงกัน ภาครัฐเริ่มมีการปรับตัวเพื่อสนับสนุนการใช้โดรนเพื่อการเกษตรแล้วโดยสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานจังหวัดนครปฐมได้จัดฝึกอบรมผู้บังคับโดรนเพื่อการเกษตรเป็นครั้งแรกจำนวน 35 ราย เมื่อวันที่ 10 กันยายน 2563

แม้ตลาดบริการเครื่องจักรกลการเกษตรของไทยจะมีการพัฒนาเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่ภาคเกษตรไทยยังประสบปัญหาผลพิษจากการที่เกษตรกรปลูกข้าวและข้าวโพดยังนิยมเผาตอซัง และชาวไร่อ้อยรายเล็กและกลางยังนิยมเผาไร่ก่อนจ้างแรงงานตัดอ้อยเพื่อให้สะดวกต่อการตัด เพราะต้นทุนยังต่ำกว่าการใช้รถตัด เกษตรกรซึ่งต้องการใช้รถตัดอ้อย จะต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมากเพื่อปรับปรุงพื้นที่ให้ราบสม่ำเสมอจึงจะสามารถใช้เครื่องตัดอ้อยได้ การจะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเกษตรกรดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อมีการพัฒนาเครื่องจักรที่เหมาะสมโดยรัฐควรพิจารณาให้

แรงจูงใจแก่ภาคเอกชน รวมทั้งการสร้างตลาดซื้อขายคาร์บอนเพื่อให้เกษตรกรที่ลดการเผาสามารถนำเครดิตไปขายในตลาดได้

ตารางที่ 3.1 ความได้เปรียบของผู้เกี่ยวข้องฝ่ายต่างๆ ในการปรับปรุงเทคโนโลยีการเกษตร

ประเภทของเทคโนโลยี	ประเภทของพืชของสัตว์	ฝ่ายที่เคยได้เปรียบในการปรับปรุง	ฝ่ายที่อาจได้เปรียบในอนาคต
1.1 การปรับปรุงพันธุ์	พืชล้มลุกที่ผสมพันธุ์เอง หรือที่ขยายพันธุ์โดยไม่ผ่านเพศ (asexual propagation)	สถาบันวิจัยของรัฐหรือของนานาชาติ	มีธุรกิจเอกชนเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะบริษัทข้ามชาติ
1.2 การปรับปรุงพันธุ์	พืชล้มลุกที่ผสมพันธุ์ข้ามต้น และสัตว์ปีก	ธุรกิจเอกชน	ธุรกิจเอกชน
1.3 การปรับปรุงพันธุ์	พืชยืนต้นและสัตว์ใหญ่	เกษตรกร	สถาบันวิจัยของรัฐและธุรกิจเอกชน บริษัทข้ามชาติ
2.1 การปรับปรุงการใช้ดินและน้ำในฟาร์ม	พืชทุกชนิด	เกษตรกร	เกษตรกร/ agri-tech startups
2.2 การควบคุมศัตรูพืช โดยอาศัยการปรับปรุงพันธุ์	พืชทุกชนิด	ตามผู้ที่ถนัดในการปรับปรุงพันธุ์	มีบริษัทข้ามชาติเพิ่มขึ้น
2.3 การควบคุมศัตรูพืชโดยอาศัยเคมีภัณฑ์	พืชทุกชนิด	ธุรกิจเอกชน	ธุรกิจเอกชน/ agri-tech startups
2.4 การควบคุมศัตรูพืชเชิงนิเวศวิทยา (integrated pest management)	พืชทุกชนิด	สถาบันวิจัยของรัฐ ร่วมกับเกษตรกร/ กลุ่มประชาสังคม	เหมือนเดิม
2.5 ยารักษาใช้ป้องกันโรคสัตว์	สัตว์	สถาบันวิจัยของรัฐ ร่วมกับธุรกิจเอกชน	ธุรกิจเอกชน บริษัทข้ามชาติ
3. การใช้เครื่องทุ่นแรง	พืชและสัตว์	ธุรกิจเอกชน	ธุรกิจเอกชน
4. การเข้าถึงตลาด	พืช/สัตว์มูลค่าสูง	ธุรกิจเอกชน/ supermarkets	ธุรกิจเอกชน/ supermarkets/ agri-tech startups

ที่มา: อัมมาร 2541 และเพิ่มเติมโดยผู้เขียน

ตารางที่ 3.2 เครื่องจักรกลการเกษตรที่เกษตรกรไทยใช้และจ้างตามประเภทของเครื่องจักร

ชนิดเครื่องจักร	2546					2556				
	คร่าวเรือนจ้างเครื่องจักร		คร่าวเรือนใช้เครื่องจักร		สัดส่วนการจ้างต่อการ ใช้(%)	คร่าวเรือนจ้างเครื่องจักร		คร่าวเรือนใช้เครื่องจักร		สัดส่วนการจ้าง ต่อการ ใช้(%)
	คร่าวเรือน	%	คร่าวเรือน	%		คร่าวเรือน	%	คร่าวเรือน	%	
รถแทรกเตอร์	1,173,109	20.25	1,412,172	24.38	83.07	1,895,402	32.06	2,233,200	37.78	84.87
รถไถเดินตาม	1,569,497	27.10	3,737,015	64.51	42.00	621,428	10.51	2,427,066	41.06	25.60
ปั้มน้ำ	330,367	5.70	2,021,362	34.90	16.34	327,156	5.53	1,663,742	28.15	19.66
เครื่องพ่นสารเคมี	667,616	11.53	2,342,156	40.43	28.50	843,332	14.27	2,284,102	38.64	36.92
เครื่องกำจัดวัชพืช	177,279	3.06	674,887	11.65	26.27	756,805	12.80	1,937,338	32.77	39.06
เครื่องปลูก	284,022	4.90	684,059	11.81	41.52	741,953	12.55	1,070,618	18.11	69.30
รถเกี่ยว										

- อ้อย	31,523	0.54	39,197	0.68	80.42	89,916	1.52	93,477	1.58	96.19
- ข้าว	984,555	17.00	1,004,056	17.33	98.06	1,548,606	26.20	1,581,434	26.75	97.92
เครื่องนวดข้าว	2,223,162	38.38	2,279,784	39.36	97.52	710,382	12.02	729,132	12.33	97.43
การขนส่ง										
- ทางบก	2,581,659	44.57	4,859,989	83.90	53.12	2,025,539	34.27	3,032,147	51.29	66.80
- ทางน้ำ	5,424	0.09	61,599	1.06	8.80	2,387	0.04	29,195	0.49	8.17
รวม	5,792,519		5,792,519			5,911,287		5,911,287		

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ *สำมะโนเกษตร 2546 และ 2556*

ข) การปรับปรุงพันธุ์พืช ตารางที่ 3.1 แบ่งบทบาทของผู้ปรับปรุงพันธุ์พืช/พันธุ์สัตว์เป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกคือ การปรับปรุงพันธุ์พืชล้มลุกหรือพันธุ์ที่ขยายพันธุ์โดยไม่ผ่านเพศ (asexual propagation) เช่น ข้าวและอ้อย ผู้ที่มีบทบาทหลักในปัจจุบัน คือ สถาบันวิจัยของรัฐ (รวมทั้งมหาวิทยาลัย เช่น มก. มช.) และสถาบันวิจัยนานาชาติ (เช่น IRRI CIMMYT ฯลฯ) แต่ในอนาคต ความก้าวหน้าและความซับซ้อนด้านเทคโนโลยีชีวภาพจะทำให้บริษัทเอกชน โดยเฉพาะบริษัทข้ามชาติมีบทบาทสำคัญมากขึ้น

ในประเทศไทย แม้รัฐจะยังมีบทบาทสำคัญด้านการผลิตและจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ขยายและเมล็ดพันธุ์รับรอง (โดยอาศัยศูนย์ข้าวชุมชน) แต่ในปัจจุบันมีศูนย์ข้าวชุมชนและบริษัทเอกชนที่เข้ามาขยายและจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ข้าวไม่ไวแสงเป็นจำนวนมาก เฉพาะบริษัทที่เป็นสมาชิกของสมาคมผู้รวบรวมและจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ก็มีจำนวนเกือบ 50 ราย ดังนั้นในอนาคต บริษัทเอกชนจะมีบทบาทด้านการผลิตและจำหน่ายเมล็ดพันธุ์มากขึ้น

กลุ่มที่สองคือ การปรับปรุงพันธุ์พืชล้มลุกที่ผสมพันธุ์ข้ามต้น (hybrid รวมทั้ง GMO) และสัตว์ปีก ธุรกิจเอกชน (โดยเฉพาะบริษัทใหญ่ที่มีสิทธิบัตร) จะเป็นผู้มีบทบาทสำคัญที่สุดทั้งในปัจจุบันและอนาคต ประเทศไทยมีบริษัทที่มีบทบาทด้านนี้ เช่น บริษัทเจียไต่ และ East West Seed Company ที่เป็นผู้พัฒนาพันธุ์ฝัก ส่วนพันธุ์ข้าวโพดก็มีทั้งบริษัทไทยและบริษัทข้ามชาติ เช่น เจริญโภคภัณฑ์โปรดิ๊วส แปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ คาร์กิล ซินเจนทา ดีคาล์บ ฯลฯ ตลาดเมล็ดพันธุ์เป็นตลาดที่มีการแข่งขันน้อยราย (Oligopoly) เนื่องจากข้อได้เปรียบด้านเทคโนโลยี แต่ข้อจำกัดจากกฎหมายคุ้มครองพันธุ์พืชของไทย (ที่ไม่ยินยอมให้ทดลองพันธุ์ GMO ในแปลงทดลอง) ทำให้บริษัทข้ามชาติที่เคยมีฐานการวิจัย-พัฒนาพันธุ์ข้าวโพดในไทยที่ใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่งของโลก ต้องย้ายฐานการวิจัยพัฒนาไปประเทศเพื่อนบ้าน (ดูความเห็นเรื่องนโยบายจำกัดการวิจัยพืช GMO ในตอนที่ 5)

กลุ่มที่สาม คือ พืชยืนต้นและสัตว์ใหญ่ เดิมเกษตรกรเป็นผู้มีบทบาทหลัก แต่ในอนาคตบริษัทเอกชนจะก้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญเนื่องจากความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีดิจิทัล อย่างไรก็ตาม ภาครัฐก็จะสามารถมีบทบาทสำคัญได้หากมีการออกแบบระบบแรงจูงใจนักวิจัยให้เหมาะสม และมีการร่วมมือกับภาคเอกชน รวมทั้งการส่งเสริมให้เกิดระบบรับรองคุณภาพต้นพันธุ์ของเกษตรกร

ค) การจัดการทรัพยากรในฟาร์ม แบ่งเป็น 5 ด้าน (ตารางที่ 3.1) ดังนี้ (1) การปรับปรุงการใช้ดินและน้ำ เป็นบทบาทหลักของเกษตรกรทั้งในปัจจุบันและอนาคต แต่ในปัจจุบัน เกษตรกรส่วนใหญ่ของไทยเป็นเกษตรกร “มือถือ” การใช้ปุ๋ยจึงนิยมใช้ตามสูตรสำเร็จที่หน่วยราชการ/ ผู้จำหน่ายปุ๋ยแนะนำ⁶⁴ ทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำอันเป็นผลจากการขาดจุลธาตุอาหารบางอย่างเพราะเกษตรกรเหล่านี้ไม่มีเวลาเอาใจใส่และหาความรู้เกี่ยวกับธาตุอาหารในดิน ศูนย์วิจัยของมหาวิทยาลัยบางแห่งเริ่มเร่งศึกษาวิจัยสาเหตุที่การปลูกพืชบางชนิดให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ (เช่น ข้าวหอมมะลิ 105 มั่งคุด) เทคนิคในการแก้ปัญหา ตลอดจนการอบรมให้ความรู้ (ดูบทบาทการแก้ปัญหาด้านดินให้เกษตรกรโดยศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร มก. ในตอนที่ 5) บริษัทเอกชนบางแห่ง (เช่น บริษัท Thai Central Chemical บริษัท Bayer) เริ่มมีบทบาทสำคัญมากขึ้น โดยร่วมกับอาจารย์มหาวิทยาลัยจัดโครงการอบรมส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืชอย่างถูกต้อง นอกจากนี้ในขณะนี้เริ่มมี agri-tech startups บางรายเข้ามาให้บริการการจัดการฟาร์มแก่เกษตรกรที่ปลูกพืชมูลค่าสูง รวมทั้งบริการการพยากรณ์อากาศล่วงหน้า 1-3 เดือนในฤดูเพาะปลูก ในอนาคตอันใกล้ บริษัทเหล่านี้น่าจะมีบทบาทเพิ่มขึ้นหากสามารถเข้าถึงข้อมูล big data ของภาครัฐได้ ส่วนการจัดการด้านน้ำ บทบาทในอนาคตของรัฐคือการส่งเสริมการรวมกลุ่มผู้ใช้น้ำ และการกำหนดสิทธิ์ในการใช้และการขายน้ำให้ผู้ใช้น้ำกลุ่มต่างๆ สิทธิ์ดังกล่าวจะช่วยให้เกิดเทคโนโลยีการประหยัดน้ำชลประทาน (2) การควบคุมศัตรูพืชโดยอาศัยการปรับปรุงพันธุ์ ผู้ที่มีบทบาทสำคัญ คือ ผู้ทำหน้าที่ปรับปรุงพันธุ์ในข้อ (ข) (3) การควบคุมศัตรูพืชโดยอาศัยสารเคมีจะเป็นบทบาทหลักของบริษัทเอกชน แต่รัฐมีหน้าที่สำคัญที่จะควบคุมการใช้สารเคมีมิให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพ (4) การควบคุมศัตรูพืชเชิงนิเวศวิทยา (integrated pest management) และเกษตรอินทรีย์ จะเป็นบทบาทหลักของสถาบันวิจัยของรัฐ มหาวิทยาลัย และกลุ่มประชาสังคม โดยร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับเกษตรกร (5) ยา รักษาหรือป้องกันโรคสัตว์เป็นบทบาทหลักของภาครัฐร่วมกับบริษัทเอกชน แต่ในอนาคตบริษัทเอกชน (โดยเฉพาะบริษัทข้ามชาติ) จะมีบทบาทมากขึ้น อย่างไรก็ตามบทบาทของรัฐ คือ กระบวนการอนุญาตตั้งแต่การทดลองจนถึงการผลิตและจำหน่าย

ปัญหาสำคัญของการใช้สารเคมีเกษตรของเกษตรกรไทย คือการใช้สารเคมีในระดับที่มากเกินไปจนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ (เพราะผลของสารเคมีตกค้าง) และต่อสภาพแวดล้อม (ดูผลการวิจัยต่อไปนี้ Nipon, et al., 2020; สุวรรณ และคณะ 2554; Santi 2019; Junblath 1996) ปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดกระแสต่อต้านการใช้สารเคมีบางชนิดจนถึงกับมีข้อเสนอให้ห้ามจำหน่าย และใช้สารเคมี 3 ชนิด (ได้แก่ พาราควอต คลอร์ไพริฟอส และไกลโฟเซต) ซึ่งจะมีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตของเกษตรกรบางกลุ่ม เพราะขณะนี้ยังไม่มีสารทดแทนที่มี

⁶⁴ Nipon and Danop (2013) พบว่าปริมาณการใช้ปุ๋ยโดยเฉลี่ยของเกษตรกรไทยต่ำกว่าเกษตรกรในเอเชีย เช่น จีน เวียดนาม สาเหตุหลักน่าจะเป็นเพราะที่นาส่วนใหญ่ของไทยอยู่ในเขตนาน้ำฝน ไม่มีน้ำชลประทาน รวมทั้งการที่รัฐไม่ได้อุดหนุนราคาปุ๋ย ทำให้ราคาปุ๋ยในประเทศใกล้เคียงราคาตลาดโลก

ประสิทธิผลและมีต้นทุนใกล้เคียงกับสารเคมีดังกล่าว ดังนั้นบทบาทสำคัญของภาครัฐ คือ การศึกษาแนวทางการใช้สารเคมีอย่างยั่งยืนและการเผยแพร่ความรู้การใช้สารเคมีการเกษตร (รวมทั้งการใช้ปุ๋ย) อย่างเหมาะสมผ่านสื่อโซเชียล ในอนาคต agri-tech startups จะมีโอกาสเข้ามามีบทบาทพัฒนา platform ที่ใช้ในการจัดการทรัพยากรในฟาร์มมากขึ้น รวมทั้ง platform ด้านการพยากรณ์ภูมิอากาศ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการผลิตและการใช้ปัจจัยการผลิต (ดูตอนที่ 3-4)

ง) การเข้าถึงตลาดและแหล่งทุนของเกษตรกร

ในอดีตการเข้าถึงตลาดมูลค่าสูงของเกษตรกรไทยขนาดเล็กอาศัยสถาบันที่เรียกว่า “เกษตรกรพันธะสัญญา” ระหว่างเกษตรกรกับผู้ส่งออกผัก/ผลไม้ เนื้อไก่ ต่อมาซัพพลายเออร์มาร์เก็ตก็อาศัยสถาบัน/กติกามาแบบเดียวกันในการทำสัญญาล่วงหน้าให้กลุ่มเกษตรกรผลิตสินค้าปลอดภัย/สินค้าอินทรีย์ สถาบันเหล่านี้ก็คือเทคโนโลยีในความหมายกว้าง เพราะทั้งซัพพลายเออร์มาร์เก็ตและธุรกิจการเกษตรผู้ส่งออกต้องส่งเสริมให้เกษตรกรมีความเข้าใจและสามารถนำชุดความรู้ใหม่ในการผลิตสินค้าปลอดภัยที่มีมาตรฐานมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ดูรายละเอียดใน Nipon and Tey 2019)

แต่ในปัจจุบัน agri-tech start-ups เริ่มมีบทบาทในการเชื่อมเกษตรกรรายเล็กกับตลาดมากขึ้น โดยอาศัย digital platform ที่มีข้อมูลความต้องการของผู้บริโภคกับข้อมูลรายละเอียดของวิธีการผลิตและประเภทของผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรแต่ละราย ตัวอย่างเช่น Farm To ที่สร้าง platform เชื่อมโยงเกษตรกรกับผู้บริโภค โดยให้ทั้งสองฝ่ายตกลงซื้อขายสินค้ากันได้ก่อนลงมือปลูก ส่วน farm Book ทำหน้าที่ให้บริการ ERP (หรืองานหลังบ้าน) ให้แก่ supermarkets รวมทั้งการฝึกอบรมกลุ่มเกษตรกรด้วย

เราจะวิเคราะห์บทบาทของ agri-tech startups ในตอนที่ 4 เพิ่มเติม

4. สถานภาพการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตรในไทย และเหตุผลที่เกษตรกรไทยส่วนใหญ่ไม่ได้นำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้/หรือนำมาปรับให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น: อุปสงค์ อุปทาน ตลาดซื้อขายบริการเทคโนโลยีกับสถานะประเทศ

วัตถุประสงค์ของตอนนี้ต้องการตอบคำถาม 2 ข้อ คือ มีบริษัทไทยและเกษตรกรมีอาชีพประเภทใดที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ทำไมเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่ได้ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เพราะเหตุใด

4.1 เกษตรกรและบริษัทที่ใช้ Digital Technology

Agri-tech platform หรือ แอปพลิเคชันด้านการเกษตร (application) มิได้มีประโยชน์ต่อเกษตรกรรายใหญ่เท่านั้น ในต่างประเทศ มีแอปการเกษตรจำนวนมากที่เป็นประโยชน์หลายอย่างต่อเกษตรกรรายเล็ก หรือกลุ่มเกษตรกร เช่น โครงการ WAGRI ของญี่ปุ่นที่มีการเผยแพร่ข้อมูลที่รวบรวมจากฝ่ายต่างๆ แล้วเปิดเผยให้บริษัทเอกชนนำไปพัฒนา platform เพื่อแก้ปัญหาเฉพาะของกลุ่ม

เกษตรกรรายเล็ก ทำให้เกษตรกรเข้าถึงบริการในราคาถูกลงเพราะผู้ให้บริการมี economies of scale ที่เกิดจากการมีฐานลูกค้าขนาดใหญ่ หรือการแบ่งปันการใช้ทรัพยากรร่วมกัน (ดังกรณี Airbnb) สามารถช่วยให้เกษตรกรรายเล็กเข้าถึงตลาดได้โดยตรง (เช่น ธุรกิจการให้บริการโดรนฉีดสารเคมี เกษตร เป็นต้น) รวมทั้งการเข้าถึงแหล่งเงินทุน (หลักทรัพย์ และคณะ 2019) แต่เกษตรกรในประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่ยังใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลไม่มากนัก เพราะเพิ่งเริ่มมี startups ที่ให้บริการจำนวนไม่มาก ยกเว้นประเทศที่รัฐบาลให้การสนับสนุนอย่างจริงจัง (เช่น จีน และอินเดีย) หรือ ได้รับความช่วยเหลือจากต่างประเทศ เช่น แอฟริกา

ในปัจจุบันเกษตรที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลช่วยจัดการฟาร์ม/ขายสินค้ามี 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นเกษตรกรที่ผลิตสินค้าเกษตรมูลค่าสูง (ดูความหมายในกล่องที่ 4.1) โดยเฉพาะเกษตรกรที่ทำฟาร์มปศุสัตว์ (หมู ไก่ไข่ ไก่เนื้อ) และสัตว์น้ำจะมีการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลก้าวหน้ามากกว่าเกษตรกรกลุ่มอื่นๆ ดังเช่นกรณีฟาร์มไก่ไข่ในรูปที่ 4.1 และฟาร์มกุ้ง (รูปที่ 4.2-ก และ 4.2-ข) เกษตรกรที่ปลูกเมลอน (รูปที่ 4.3) ปลูกผัก (โดยเฉพาะผักไฮโดรโปนิกส์) สวนผักแนวตั้ง (รูปที่ 4.4) กล้วยไม้ ดอกไม้ ผลไม้ (โดยเฉพาะทุเรียน) ฟาร์มสมัยใหม่เหล่านี้ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการควบคุมการใช้น้ำ ปุ๋ย ยา กำจัดศัตรูพืช ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในดินและโรงเรือน การควบคุมและสั่งการสามารถสั่งการผ่านมือถือโดยใช้ IOT และวิเคราะห์ข้อมูลผ่าน cloud intelligence (รูปที่ 4.5) สวนดอกไม้บนเขาในเชียงใหม่ใช้แสงไฟควบคุมการออกดอกมานานแล้ว นอกจากนี้ก็มีแอปพลิเคชันวัดขนาดฟาร์ม (รูปที่ 4.6) แม้แต่ขบวนการรายใหญ่บางรายในภาคกลางที่ปลูกข้าวมูลค่าต่ำก็เริ่มซื้อโดรนราคาถูกลง (เฉลี่ย 2 แสนบาท) มาใช้ฉีดยาแทนการจ้างแรงงาน ส่วนขบวนการรายเล็กก็สามารถใช้บริการโดรนพ่นยาในราคาที่ไม่แพงได้ (ดูรูปที่ 4.7 และการให้บริการโดรนพ่นยาในนาข้าวในตอนท้ายที่ 4.2)

กล่องที่ 4.1: สินค้าเกษตรมูลค่าสูง คือ อะไร

สินค้าเกษตรมูลค่าสูง คือ ผลผลิตการเกษตรที่ไม่ใช่อาหารหลัก (non-staple food) เช่น ผัก ผลไม้ ดอกไม้ เครื่องปรุง และเครื่องเทศ ที่มีผลตอบแทนสุทธิต่อที่ดินสูงกว่าพืชอาหารหลักที่ปลูกกันอย่างแพร่หลาย สินค้าเกษตรมูลค่าสูงประกอบด้วย (ก) ผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้แปรรูปมูลค่าสูง พร้อมบริโภคทันที เช่น ผัก ผลไม้สด ไข่ และถั่ว (ข) ผลิตภัณฑ์กึ่งแปรรูป เช่น เนื้อสัตว์สด/แช่แข็ง แป้ง น้ำมันพืช กาแฟ น้ำตาล และ (ค) ผลิตภัณฑ์แปรรูปขั้นสูงที่พร้อมบริโภค เช่น เนย ชีส ไวน์ ซีเรียล (Womach 2005)

ขณะที่สินค้าเกษตรมูลค่าสูงเน้นการสนองความต้องการของผู้บริโภค (ที่มีฐานะดี) พืชอาหารหลัก (ธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวสาลี) และสินค้าเกษตรขั้นกลาง (เช่น มันสำปะหลัง อ้อย) เป็นสินค้าที่ขายในราคาต่ำเพื่อแก้ปัญหาความอดอยาก และเป็นวัตถุดิบต้นทุนต่ำสำหรับอาหารแปรรูป (Womach 2005)

สินค้าเกษตรมูลค่าสูงเปิดโอกาสดีแก่เกษตรกรรายเล็กและยากจน ในการเพิ่มรายได้ แต่มีเงื่อนไขดังนี้ (ก) เกษตรกรต้องเชื่อมโยงแนวดิ่งและโดยตรงกับ supermarket/ผู้ส่งออก เพื่อควบคุมอุปทาน ให้เท่ากับความ ต้องการ มีการตกลงราคาล่วงหน้า เพื่อการวางแผนผลิต และรู้ต้นทุน/กำไร (ข) การทำเกษตรต้องใช้ความรู้ (ค) ต้อง

มีแรงงานในครัวเรือนเพียงพอ (ง) ต้องมีที่ดินที่มีคุณภาพดี เช่น มีน้ำเพียงพอ และ (จ) สินค้าต้องมีมาตรฐาน และความปลอดภัยตามที่ผู้ซื้อต้องการ เช่น การผลิตสมุนไพรส่งผู้ผลิตยาอย่างโรงพยาบาลอภัยภูเบศร์

(<http://www.theeducators.co/2017/10/16/high-yielding-crops/>)

เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลผลิตสินค้าเกษตรมูลค่าสูง ผู้เขียนจึงประมาณการมูลค่าเพิ่มของสินค้าเกษตรมูลค่าสูงจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ประชาชาติสาขาเกษตร พบว่าสินค้าเกษตรมูลค่าสูงจะมีมูลค่าไม่เกิน 39% ของจีดีพีเกษตรในปี 2561 (หรือไม่เกิน 4.6 แสนล้านบาท) แบ่งเป็นพืช 26% สัตว์ 13% นอกจากนั้นยังมีสินค้าอาหารแปรรูปอีก 43% ที่จัดว่าเป็นสินค้ามูลค่าสูง แต่ตัวเลขนี้เป็นประมาณการขั้นสูง ตัวเลขจริงจะต่ำกว่านี้พอควร

นอกจากการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการฟาร์มแล้ว ก็เริ่มมีเกษตรกรหนุ่มสาวรุ่นใหม่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในด้านการตลาด เช่น การขายสินค้าของตนทาง online (โดยเฉพาะในช่วงโควิด) ให้แก่ผู้บริโภคโดยตรง เกษตรกรบางรายติดต่อขายสินค้าให้กับซูเปอร์มาร์เก็ตโดยอาศัยระบบ online และการทำโฆษณาบน social media นอกจากนี้ในระยะเวลาหลังเริ่มมีเกษตรกร/กลุ่มเกษตรกรจำนวนมากดัดแปลงไร่นาของตนเป็นการเกษตรเชิงท่องเที่ยว โดยทำการตลาดผ่าน social media นอกจากจุดขายเรื่องอาหารพื้นเมือง และร้านอาหารแล้ว ก็มีการนำเที่ยวสวนบัว สวนดอกไม้ ตลอดจนมีการจัดกิจกรรมให้เยาวชนเรียนรู้เรื่องการทำนา⁶⁵ เป็นต้น กิจกรรมที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลอีกประเภทหนึ่ง คือ กิจกรรมแบ่งปันการทำการเกษตรและการตลาด โดยเกษตรกรรุ่นใหม่บางรายที่มีที่ดินของตนเอง (หรือการรวบรวมที่ดินของเพื่อนบ้าน) เพื่อให้คนในเมืองเข้ามาร่วมลงทุนเพาะปลูกและทำการตลาดผ่าน social media

เกษตรกรกลุ่มที่สอง ที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นเกษตรกรในสังกัดบริษัทธุรกิจการเกษตรขนาดใหญ่ หรือเป็นฟาร์มของบริษัทธุรกิจการเกษตรเอง เช่น (ก) ฟาร์มกุ้ง แบบปิดที่ใช้ sensor อัตโนมัติในการควบคุมการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ตลอดจนการควบคุมความเค็มและแบคทีเรียในบ่อน้ำ (รูปที่ 4.2) (ข) ฟาร์มไก่ไข่ของ CPF ที่วังสมบูรณ์ (รูปที่ 4.1) ควบคุมการผลิตด้วยคอมพิวเตอร์ใช้สายพานอัตโนมัติลำเลียงไข่ของแม่ไก่ไปยังห้องเก็บไข่ รวมทั้งใช้ biosecurity high-tech farming และสูตรอาหารที่ทำให้ไข่ไม่มีกลิ่นคาว ไข่แดงมีสีส้มแดงนูนสวย (ค) ไร่อ้อยขนาดใหญ่ทั้งที่เป็นของบริษัทมิตรผลเอง และไร่อ้อยของเกษตรกรที่มีสัญญาส่งอ้อยให้กับบริษัท (ดูรูปที่ 4.8) บริษัทมิตรผลมีการใช้เทคโนโลยีแม่นยำอย่างจริงจังทั้งในไร่ของบริษัทและไร่ของเกษตรกรในสังกัด เริ่มต้นจากการที่บริษัทนำเครื่องตัดอ้อยจากออสเตรเลียมาใช้แทนแรงงานตั้งแต่ทศวรรษ 1990 ในปัจจุบันบริษัทได้ใช้เทคโนโลยีพีเอสในการจัดรูปที่ดินของเกษตรกรให้มีระดับที่สม่ำเสมอสามารถใช้รถปลูกเป็นแถวอย่างเป็นระเบียบ และสามารถตัดอ้อยได้อย่างรวดเร็ว มีโดรนถ่ายภาพแปลงไร่เพื่อติดตามการเติบโตของอ้อยตลอดเวลา มีระบบโลจิสติกส์ที่สามารถจัดส่งอ้อยที่ตัดแล้วเพื่อส่งเข้าโรงหีบอ้อยโดยไม่ชักช้า รวมทั้งมีการติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงของภาวะเอลนีโญ และลานีญา ในมหาสมุทรแปซิฟิก

กลุ่มที่สามเป็นกลุ่มเกษตรกรทั้งกลุ่มที่ปลูกพืชมูลค่าสูง และมูลค่าต่ำ และได้รับความช่วยเหลือด้านต่างๆ จากหน่วยงานราชการ (โดยเฉพาะ ธกส. และสวทช.) หรือจากบริษัทเอกชน (เช่น DTAC กับฟาร์มเมลอนในเชียงใหม่-รูปที่ 4.9) AIS TESCO (ร่วมกับกลุ่มเกษตรกรปลูกผักอินทรีย์ที่โนนเขวา ในจังหวัดขอนแก่น) ฯลฯ หรือได้รับความช่วยเหลือจากมหาวิทยาลัย เช่น (ก) กลุ่มชาวนาหนองสาหร่าย กาญจนบุรีที่ได้รับความช่วยเหลือทางเทคโนโลยีดิจิทัล และอุปกรณ์จากมหาวิทยาลัย

⁶⁵ ส่วนใหญ่นักธุรกิจรุ่นใหม่เหล่านี้มักจดทะเบียนธุรกิจของตนในรูปวิสาหกิจชุมชน หรือธุรกิจเพื่อสังคมเพราะจะได้รับสิทธิพิเศษด้านภาษีเงินได้นิติบุคคล

รังสิตทำให้กลุ่มสามารถแก้ปัญหาเพลี้ยสำเร็จ ทำให้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น⁶⁶ (ข) กลุ่มชาวไร่ข้าวโพด ภายใต้งานโครงการประกันพืชผลของ ธกส. กลุ่มได้รับข้อมูลพยากรณ์อากาศและคำแนะนำวันที่เหมาะต่อการปลูกตามผลการพยากรณ์ภาวะฝนจากบริษัท RICULT (ที่เป็น startup) ทำให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่า การตัดสินใจเลือกวันปลูกตามประสบการณ์ของชาวไร่เอง

นับตั้งแต่ปี 2557 เป็นต้นมา กรมส่งเสริมการเกษตรริเริ่มโครงการฝึกอบรมเกษตรกร ปราดเปรื่องรุ่นหนุ่มสาว (Young Smart Farmers - YSF) โดยในปี 2557 มีผู้เข้าโครงการ 2,119 ราย ผ่านการอบรม 1,731 ราย ระหว่างปี 2557-60 มีผู้เข้าร่วมโครงการทั้งสิ้น 9,242 ราย เป็นผู้ที่มีความ เข้าใจสาระของ YSF รวม 7,598 ราย ในจำนวนนี้มีเกษตรกรที่สามารถริเริ่มโครงการได้ 3,850 ราย เริ่มเป็นผู้ประกอบการ 900 ราย และสามารถส่งออกได้ 100 ราย (ภาณี บุญยเกียรติ 2561, กรม ส่งเสริมการเกษตร 2561 <esc.doae.go.th>) ในปีงบประมาณ 2562 กรมส่งเสริมการเกษตรได้รับ งบประมาณ 17,821.5 ล้านบาท เพื่ออบรม YSF จำนวน 21,490 ราย แต่ถ้าวรวมโครงการ YSF ของ กรมทั้ง 7 กรมในกระทรวงเกษตรฯจะมีงบประมาณ 120,543 ล้านบาท มีเกษตรกรเป้าหมายเข้า โครงการทั้งหมด 70,900 คน

เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ YSF ส่วนหนึ่งเป็นผู้มีอาชีพอื่นและหันมาประกอบอาชีพเกษตร โดยปลูกพืชมูลค่าสูง จุดเด่นของโครงการ YSF คือ ผู้จบหลักสูตรมีการสร้างเครือข่าย YSF ทำให้มี โอกาสแลกเปลี่ยนข้อมูลและความรู้ทั้งในเวทีการประชุม/สัมมนา และการแลกเปลี่ยนผ่านโซเชียล มีเดีย จากการสัมภาษณ์คุณกันตพงษ์ แก้วกมลเจ้าของสวนแก้วกมลที่สมุทรปราการและผลิตภัณฑ์ O-Farm ที่ปลูกผักอินทรีย์ (เช่น ผักโขม มะเขือเทศ ผักสลัดต่างๆ) มะม่วง ฯลฯ พบว่า อดีตคุณกันต พงษ์เคยมีอาชีพเป็นสถาปนิก แต่ต่อมาตัดสินใจเปลี่ยนอาชีพ และเคยเข้าหลักสูตรวิทยาศาสตร การเกษตรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปัจจุบันสวนแก้วกมลมีการใช้เทคโนโลยีเกษตรประณีต โดย นำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ทดแทนแรงงาน คุณกันตพงษ์คาดว่าในบรรดา YSF ที่ผ่านการอบรมกว่า 10,000 คน น่าจะมีเกษตรกรซึ่งนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ประมาณ 50% เพราะคนกลุ่มนี้เป็นบุคคล ที่มีความรู้ และส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพอื่นๆ มาก่อนแต่ต้องการความเป็นอิสระในการทำงาน คน กลุ่มนี้จึงมีเงินทุนมากพอที่จะสามารถนำเทคโนโลยีประหยัดแรงงานมาใช้ในฟาร์ม

น่าเสียดายว่ากระทรวงเกษตรฯ/สำนักงานสถิติแห่งชาติยังไม่มีข้อมูลจำนวนเกษตรกรที่ใช้ เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่

⁶⁶ กลุ่มนี้ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาเพลี้ย ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เพราะกลุ่มมีความเข้มแข็งมาก สามารถรวมกลุ่มทำนาพร้อมกัน และการพยากรณ์เพลี้ยทำให้กลุ่มสามารถป้องกันการระบาดของเพลี้ยได้ด้วยวิธีง่าย ๆ คือ หยดให้ปุ๋ยยูเรียเมื่อคาดว่าเพลี้ยกำลังจะ ระบาดเข้ามาในพื้นที่ปลูกข้าวของกลุ่ม ผลที่เกิดขึ้น คือ ใน 2 ฤดูกาลผลิต ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของกลุ่มสูงขึ้นจาก 860 กก./ไร่ เป็นเกือบ 1,000 กก./ไร่ (การสัมภาษณ์ผู้นำกลุ่มหนองสาหร่าย และอาจารย์มหาวิทยาลัยรังสิต 2562)

ผู้ให้บริการ digital platforms: การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลของเกษตรกรจะเกิดขึ้นยากหากไม่มีผู้ให้บริการ digital platform ในรอบ 5 ปีที่ผ่านมาเริ่มมี agri-tech startups ที่เป็นบริษัทธุรกิจเพื่อสังคม (social enterprise) เริ่มเข้ามาทำธุรกิจให้บริการเทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตร โดยได้รับการสนับสนุนทางการเงินและร่วมมือกับหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน เช่น RICULT, Farm Book, FarmTo, ListenField เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีกลุ่มนักวิจัย/อาจารย์ในมหาวิทยาลัยต่างๆ (เช่น มก. มข. และ ม.นเรศวร รวมทั้งนักวิจัยของ สวทช.) ที่พัฒนา platform ผ่าน YouTube หรือ BOT ให้คำแนะนำเรื่องศัตรูข้าว การใช้ปุ๋ยที่ถูกต้อง ฯลฯ

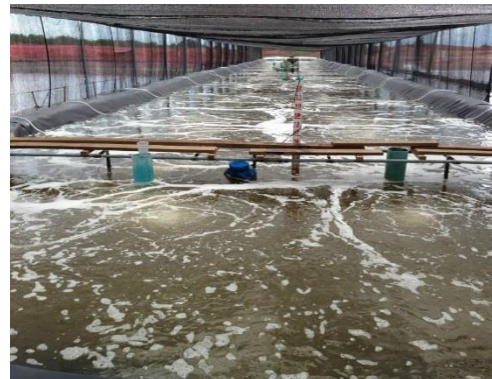
กล่าวโดยสรุปเกษตรกรอาชีพและธุรกิจการเกษตรไทยบางรายเริ่มใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตร (หรือบางส่วนของ Farming 4.0) แต่ยังคงอยู่ในวงจำกัด เฉพาะพืชมีค่าสูง แต่เกษตรกรไทยส่วนใหญ่ยังไม่ใช้เทคโนโลยีใหม่ โดยเฉพาะเกษตรกรที่ปลูกพืชมูลค่าต่ำ เช่น ข้าว มัน ข้าวโพด ยาง ยากเว้น เกษตรกรบางกลุ่มที่ได้รับความช่วยเหลือทางการเงินและเทคโนโลยีจากหน่วยงานรัฐ หรือมหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1 ฟาร์มไก่



ที่มา : เครือเจริญโภคภัณฑ์

รูปที่ 4.2-ก ฟาร์มกุ้ง



ที่มา : เครือเจริญโภคภัณฑ์

รูปที่ 4.2-ข TechFarm พัฒนา อุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



ที่มา : techsauce และ Lennam



รูปที่ 4.3 ฟาร์มเมลอน และสวนผัก ที่เชียงใหม่



ที่มา : ชัยณรงค์ฟาร์ม

รูปที่ 4.4 Vertical Farming ของ Unixcon และวังรี เฮลท์ แพคเตอร์รี่



ที่มา: Unixcon และผู้จัดการออนไลน์.

รูปที่ 4.5 โรงเรือนสมาร์ทฟาร์มด้วยระบบ IoT จาก SPsmartplants



ที่มา: SPsmartplants.

รูปที่ 4.6 แอปพลิเคชันวัดขนาดที่ดินจาก Ling



รูปที่ 4.7 บริการโดรนการเกษตร เก้าไร่



ที่มา: Ling.

ที่มา: gaorai.

รูปที่ 4.8: การบริหารจัดการไร่อ้อยแปลงใหญ่ของบริษัทมิตรผล – ภาพถ่ายโดรนทำแผนที่แปลงให้ข้อมูลการเติบโตของอ้อย การใช้ GPS ควบคุมเครื่องจักร บริหารโลจิสติกส์การตัดและขนส่งอ้อย



ที่มา: มิตรผล.

รูปที่ 4.9 ฟาร์มแม่นยำตัวอย่างปลูกผักและเมลอนของดีแทคที่ใช้เซนเซอร์และระบบเตือนในสมาร์ทโฟน



ที่มา: ดีแทค แดะขอบฟ้าฟาร์ม สุพรรณบุรี

4.2 ความต้องการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ของเกษตรกรไทยส่วนใหญ่ที่ปลูกพืชเศรษฐกิจมูลค่าต่ำ⁶⁷

จากการสังเกตการณ์อย่างไม่เป็นทางการ ผู้เขียนพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ที่ปลูกพืชเศรษฐกิจมูลค่าต่ำ (ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ยางพารา) ยังไม่นิยมใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ยกเว้น 2 กรณี คือ (ก) ชาวนารายใหญ่บางรายเริ่มซื้อโดรนจากจีนมาใช้พ่นยา ส่วนชาวนารายเล็กก็สามารถซื้อบริการโดรนพ่นยาจากผู้ให้บริการ เพราะการใช้โดรนฉีดยาประหยัดกว่าการจ้างแรงงาน แต่ข้อจำกัดคือ โดรนเหล่านี้ยังคงอาศัย software สำเร็จรูปจากประเทศจีนเพราะมีราคาไม่แพง บริษัทนำเข้ายังไม่มีการพัฒนา software ให้สอดคล้อง กับสภาพภูมิประเทศและลมฟ้าอากาศ (ข) กลุ่มเกษตรกรที่ได้รับบริการด้านเทคโนโลยีดิจิทัลจากบริษัทเอกชน หรือจากหน่วยงานรัฐดังกล่าวแล้ว เช่น ชาวไร่ อ้อยในสังกัดบริษัทมิตรผล กลุ่มชาวนาหนองสาหร่ายที่ได้รับความช่วยเหลือจากมหาวิทยาลัยรังสิต หรือกลุ่มชาวไร่ข้าวโพดที่ได้บริการพยากรณ์วันที่เหมาะสมในการลงมือปลูกข้าวโพดจากบริษัท RICULT ที่ ธกส. ว่าจ้างมาพัฒนาแบบจำลองการปลูกข้าวโพด

คำถามสำคัญ คือ ทำไมเกษตรกรส่วนใหญ่ที่ปลูกพืชเศรษฐกิจมูลค่าต่ำ (ที่มีจำนวนกว่า 80% ของเกษตรกรทั้งหมด) จึงยังมีความต้องการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในระดับต่ำมาก

คำตอบคือ ค่าบริการการใช้เทคโนโลยียังสูงเมื่อเทียบกับรายได้ (หรือกำไร) ต่อไร่ ยิ่งกว่านั้นขนาดฟาร์มของเกษตรกรเหล่านี้ยังค่อนข้างเล็ก ทำให้ไม่ได้ประโยชน์จากการประหยัดจากขนาด (economies of scale) ยกเว้นว่าเกษตรกรรายเล็กจะสามารถรวมกลุ่มกันจึงจะทำให้ค่าบริการต่อไร่

⁶⁷ ผลิตภัณฑ์การเกษตรแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ (ก) สินค้าโภคภัณฑ์ (หรือธัญพืช) ที่ใช้เป็นอาหารหลักของคน เช่น ข้าว ข้าวสาลี (ข) สินค้าเกษตรชั้นกลาง เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย สินค้า 2 กลุ่มนี้ เน้นการผลิตจำนวนมาก มีราคาต่ำเพื่อเป็นอาหารของประชากรโลก และ (ค) สินค้าเกษตรที่มีมูลค่าสูงสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มีรายได้สูง เช่น ผัก-ผลไม้ นมสด เนื้อสัตว์แปรรูป เหล้า ไวน์ เนย เป็นต้น (Womach 2005)

ต่ำลงจนคุ้มที่จะใช้บริการ หรือได้รับบริการฟรีจากหน่วยงานรัฐ⁶⁸ หากบริษัทหรือหน่วยงานรัฐ คิดค่าบริการจากเกษตรกรเหล่านี้ ก็เสี่ยงถูกโจมตีว่าไม่เห็นอกเห็นใจเกษตรกรผู้ยากจน

เหตุผลอีกข้อ คือ เกษตรกรไทยส่วนใหญ่มีอายุมาก เกษตรกรสูงอายุจะไม่มีแรงจูงใจลงทุนด้านเทคโนโลยีสมัยใหม่เพิ่มเติม เพราะต้องการเก็บเงินออมไว้ใช้ในยามชรา และทุกวันนี้เกษตรกรเหล่านี้ก็ใช้วิธีจ้างเครื่องจักรทุ่นแรงอยู่แล้ว

ข้อสังเกต คือ พืชที่เกษตรกรส่วนใหญ่เลือกเป็นพืชที่ไม่ต้องการการดูแลมาก สามารถจ้างบริการเครื่องจักรทุ่นแรงต่างๆ ได้ เกษตรกรจะได้มีเวลาไปทำงานที่มีรายได้สูงกว่านอกภาคเกษตร หากการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสามารถช่วยติดตามสภาพการผลิต และแก้ปัญหาบางอย่างแทนตัวเกษตรกรได้ เกษตรกรอาจหันมาใช้เทคโนโลยีดังกล่าว ดึงกรณีการใช้บริการโดรนฉีดยา ที่มีประสิทธิภาพและเร็วกว่าการใช้แรงงาน เป็นต้น

เหตุผลอีกข้อ คือ พฤติกรรมของเกษตรกรส่วนใหญ่มีอุปนิสัยที่จะหลีกเลี่ยงความเสี่ยง (risk averters) และจะเริ่มใช้เทคโนโลยีใหม่ต่อเมื่อเห็นตัวอย่างเกษตรกรหัวก้าวหน้าที่กำลังทดลองของใหม่จนสำเร็จ เราจะวิเคราะห์พฤติกรรมของเกษตรกรเพิ่มเติมในตอนต่อไป

4.3 อุปทานของบริการเทคโนโลยีกับสถานะประเทศ

จากประสบการณ์ของผู้เขียนรายงานฉบับนี้ เราคาดว่าภาคเกษตรไทยมีศักยภาพด้านเทคโนโลยีดิจิทัลในระดับปานกลาง เพราะข้อจำกัดด้านอุปทาน ไม่ว่าจะเป็นจำนวนนักวิจัย หรือจำนวน agri-tech startups สาเหตุที่มีจำนวนนักวิจัย/อาจารย์ที่ทำงานด้านนี้ค่อนข้างน้อย ส่วนหนึ่งเพราะข้อจำกัดด้านงบประมาณการวิจัย และแรงจูงใจ เนื่องจากโครงการวิจัยเชิงปฏิบัติที่ทำงานในฟาร์มของเกษตรกรต้องได้รับความร่วมมือจากเกษตรกร และใช้เวลาทดลองนานในฟาร์มมากกว่าการทำการวิจัยเชิงทฤษฎีหรือในห้องทดลองที่สามารถตีพิมพ์ได้เร็วกว่า

Agri-tech startups : ในต่างประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งสหรัฐอเมริกา และอิสราเอล agri-tech startups ส่วนใหญ่มักจะเป็นผู้คิดค้นนวัตกรรมเพื่อเป้าหมายการเพิ่มมูลค่าของบริษัท เช่น Plenty Inc. ที่ลงทุนในธุรกิจการทำฟาร์มปลูกพืชในร่มที่เมืองซานฟรานซิสโก บริษัท Memphis Meat ผู้บุกเบิกเทคโนโลยีการปลูกเนื้อสัตว์เชิงพาณิชย์จากรัฐแคลิฟอร์เนีย บริษัท Aero Farms ผู้ทำธุรกิจฟาร์มปลูกผักในร่มด้วยเทคโนโลยีแอร์โพนิกส์ที่ประหยัดการลงทุนโครงสร้างฟาร์ม บริษัท startups เหล่านี้ มักต้องพึ่งเงินทุนจากนักลงทุน (ทั้ง venture capital และ crowd funding) เช่น

⁶⁸ ผู้บริหารบริษัท RICULT เคยร่วมมือกับธกส.ในโครงการประกันผลผลิตข้าวโพด โดยสามารถพยากรณ์ฝนและให้คำแนะนำเรื่องวันที่เหมาะสมที่สุดในการปลูกข้าวโพด และปรากฏว่าเกษตรกรที่ทำตามคำแนะนำของบริษัทได้ผลผลิตข้าวโพดสูงกว่าเกษตรกรที่ตัดสินใจจากประสบการณ์ของตน แต่ในปีต่อมาผู้บริหารบริษัทวางแผนจะคิดค่าบริการจากเกษตรกร จึงเข้าไปสอบถามเกษตรกรว่ายินดีจ่ายเงินค่าบริการดังกล่าวหรือไม่ ปรากฏว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ยินดีจ่ายเงินค่าบริการ

SoftBank บริษัทยักษ์ใหญ่ด้านเทคโนโลยีที่ลงทุนในบริษัท Plenty Inc. ขณะที่ Bill Gates, Richard Branson, Kimbal Musk และ บริษัท Tyson Food ร่วมลงทุนในบริษัท Memphis Meat เป็นต้น

สำหรับในประเทศไทย สตาร์ทอัพเกือบทั้งหมด (หรือทั้งหมด) เป็นบริษัทที่นำเทคโนโลยีดิจิทัลและความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิต/การจัดการฟาร์มและการตลาดที่มีอยู่แล้ว มาให้บริการแก่กลุ่มเกษตรกร ชูปเปอร์มาร์เก็ต และผู้บริโภครวมถึง ตัวอย่างเช่น ListenField ให้บริการเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ด้านต่างๆ เช่น การใช้แบบจำลองพืช การพยากรณ์ผลผลิต การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมและโดรนติดตามภาวะการเติบโตของพืช ฯลฯ RICULT ให้บริการพยากรณ์อากาศและคำแนะนำวันปลูกพืชที่เหมาะสม Farm-To ให้บริการจำหน่ายผลผลิตแก่เกษตรกร รวมทั้งบริการให้ผู้บริโภคร่วมลงทุนกับเกษตรกรโดยจ่ายเงินจองซื้อผลผลิตล่วงหน้า 50% และสามารถติดตามสถานะการเติบโตของผลผลิตในฟาร์มผ่านแอปพลิเคชันได้ โดยบริษัทคิดค่าบริการร้อยละ 20 ส่วน Farm Book ให้บริการ ERP แก่ซูเปอร์มาร์เก็ตโดยการวางระบบตรวจสอบย้อนกลับและการผลิตที่ปลอดภัยให้กลุ่มเกษตรกร ในระยะหลังบริษัทเริ่มให้บริการนำสินค้าคุณภาพสูงจากกลุ่มเกษตรกร (เช่น หมู ผัก ผลไม้) มาจำหน่ายให้ผู้บริโภคตามหมู่บ้านจัดสรรของผู้มีรายได้สูงบางแห่ง นอกจากนี้ก็เริ่มมี startups ใหม่ ๆ ที่เริ่มนำผลผลิตของกลุ่มเกษตรกรส่งให้ผู้บริโภคต่างชาติ รวมทั้งจัดบริการรถพุ่มพวงนำสินค้าเกษตรไปจำหน่ายยังคอนโดมิเนียมบางแห่งที่มีชาวต่างชาติอาศัยอยู่ เป็นต้น

สตาร์ทอัพด้านเทคโนโลยีการเกษตรมีจำนวนไม่น้อย การศึกษาของสถาบันวิจัยเศรษฐกิจ ป๋วย ในปี 2562 พบว่ามีสตาร์ทอัพจำนวน 61 ราย (ลัทธพร และคณะ 2562) จากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องพบว่าในปัจจุบันอาจมีสตาร์ทอัพด้านเทคโนโลยีการเกษตรทั้งที่กำลังทำธุรกิจหรือเคยเข้ามาทำธุรกิจรวมกว่า 100 ราย

อย่างไรก็ตามในข้อเท็จจริงจำนวนสตาร์ทอัพเทคโนโลยีการเกษตรที่ประสบความสำเร็จทางธุรกิจ หรือมีมูลค่าธุรกิจสูงพอที่จะอยู่รอดได้ น่าจะยังมีจำนวนค่อนข้างน้อย⁶⁹ สาเหตุสำคัญ เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่ยังมีความต้องการใช้บริการเทคโนโลยีสมัยใหม่ (และยินดีจ่ายเงินค่าบริการ) อยู่ในระดับต่ำ ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น สตาร์ทอัพส่วนใหญ่จึงมีลูกค้าต่ำกว่า 1 - 2 แสนคน นอกจากนี้ยังมีสาเหตุที่เกิดจากข้อจำกัดด้านอุปทานของสตาร์ทอัพ ดังนี้ (ก) ลัทธพร และคณะ (2562) ทำการประเมิน platforms ของสตาร์ทอัพเทคโนโลยีการเกษตร 61 รายและ (ข) เหตุผลอีกประการหนึ่งที่ไทยยังไม่มีแอปเกษตรที่แพร่หลายอาจเป็นเพราะไทยไม่ได้รับความช่วยเหลือทางวิชาการจากองค์กรระหว่างประเทศ/รัฐบาลประเทศพัฒนา เนื่องจากไทยไม่ใช่ประเทศยากจน ขณะที่ประเทศยากจนได้รับความช่วยเหลือทางวิชาการ ทำให้เกษตรกรของเขาสามารถเข้าถึงแอปการเกษตรโดยเสียค่าบริการต่ำ หรือใช้ฟรี เช่น Africa มี การใช้ App ราคาวัสดุเกษตร/ราคาสินค้าอย่างแพร่หลาย

⁶⁹ น่าเสียดายว่ายังไม่มีการรวบรวมสถิติการเกิด และการตายของสตาร์ทอัพ สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ รายงานว่า startups ทุกประเภท 317 บริษัทในรายงานประจำปี 2562 แต่ไม่มีสถิติจำนวน startups ในด้านเทคโนโลยีการเกษตร

(เพราะการคมนาคมไม่ดี) ขณะเดียวกันบริษัท startups จาก Silicon Valley ก็ไม่สนใจมาลงทุนในไทย เพราะตลาดไทยเล็กเกินไป (เทียบกับจีน/อินเดียที่มี startup เกิดเป็นดอกเห็ด) (ค) เหตุผลอีกข้อ คือ ต้นทุนคงที่ในการให้บริการเทคโนโลยีค่อนข้างสูง เพราะผู้ประกอบการด้าน agri-tech startups ต้องลงทุนสูงมาก (เช่น ซื้อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม) นอกจากนั้นการรับ-ส่งสัญญาณข้อมูลต่างๆ จากดาวเทียม หรือจากเซนเซอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ยังมีต้นทุนค่าอินเทอร์เน็ตค่อนข้างแพง⁷⁰ (ง) นอกจากนั้นจำนวนคนไทยที่ชำนาญด้าน AI, Blockchain data analyst มีน้อยมาก ทำให้เงินเดือนค่าจ้างสูงมาก บริษัทที่มีความสามารถพยากรณ์วันปลูกที่เหมาะสมที่สุด (โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศและ crop model) แบบ RICULT ยังมีจำนวนจำกัด

4.4 Ecosystem⁷¹ ยังเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการพัฒนา agri-tech start-ups

แม้ว่าจะมีหน่วยงานรัฐที่พยายามส่งเสริม agri-tech startups และพัฒนา ecosystem ด้านนี้ แต่ผู้เชี่ยวชาญคาดว่า ecosystem ของไทยยังมีจุดอ่อนอย่างน้อย 5 ด้าน ดังนี้

(ก) *Infrastructure ยังไม่เพียงพอ* เช่น จำนวนสถานีตรวจอากาศยังไม่เพียงพอ เป็นต้น
(ข) *รัฐยังหวงข้อมูล* ยังผลให้ข้อมูลที่มีอยู่มีคุณภาพต่ำ ข้อมูลของรัฐที่ควรเปิดเผยต่อสาธารณะ เช่น ข้อมูลการสำรวจ Farmer Socioeconomic, crop-cutting การจดทะเบียนเกษตรกร ภาพถ่ายดาวเทียม (ค) ในหลายกรณีหน่วยงานรัฐกำหนดให้ภาคเอกชนส่งข้อมูลต่างๆ ให้รัฐ เช่น stock สินค้าเกษตร กำลังการผลิตสินค้า แต่กลับไม่เคยนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และเผยแพร่ (ง) ยิ่งกว่านั้นข้อมูลที่เคยจัดเก็บและเผยแพร่บางอย่างยังมีจุดอ่อนที่ต้องมีการปรับปรุงแก้ไข เช่น ข้อมูลราคาข้าวของสมาคมโรงสีข้าว และกรมการค้าภายใน ราคาข้าวที่ฟาร์มของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรจะเป็นข้อมูลเพียงระดับจังหวัดบางจังหวัด เรายังไม่มีการจัดเก็บและปรับปรุงคุณภาพให้มีข้อมูลราคาพืชผลในระดับอำเภอ หรือตำบลที่เป็นแหล่งเพาะปลูกสำคัญของประเทศ และ (จ) ข้อจำกัดด้านจำนวนบุคลากรด้าน data science, AI ฯลฯ รวมทั้งนักวิจัยและอาจารย์ที่ทำวิจัยด้านการเกษตรมีจำนวนน้อย และระบบแรงจูงใจก็ไม่เพียงพอที่จะดึงดูดคนรุ่นใหม่ โดยเฉพาะการวิจัยที่ต้องทดลองในฟาร์มร่วมกับเกษตรกร

โดยสรุป รัฐยังลงทุนด้านข้อมูลน้อย และหวงข้อมูล แต่ก็มีหน่วยงานรัฐที่เริ่มมีนโยบาย open data เช่น กพพ./กปน. ยอมให้ข้อมูลรายโรงงาน ทำให้เริ่มรู้กำลังการผลิตแท้จริงของโรงสี และโรงงานแปรรูป

4.5 ระบบวิจัย/ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีของรัฐอ่อนแอลงมาก ทำให้ความรู้และเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตลดต้นทุนและแก้ไขปัญหาของเกษตรกร ก้าวหน้าไม่ทันกับความต้องการของเกษตรกร

⁷⁰ ในสหรัฐอเมริกา บริษัท Dancing Crow (ที่เป็น agri-tech firm) หันมาใช้สัญญาณวิทยุราคาถูกแทน

⁷¹ เราจะกล่าวถึงนิยามของ agri-tech ecosystem ในตอนที่ 5.2 ข้างล่าง

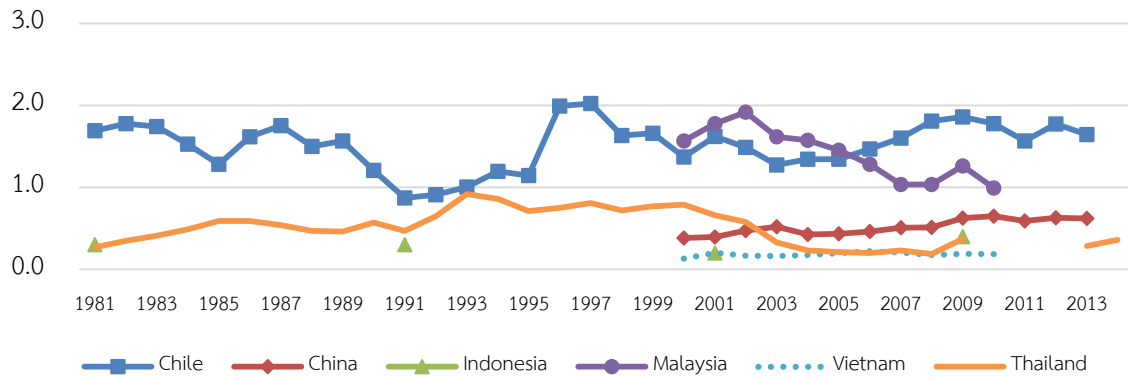
สาเหตุสำคัญ คือ รัฐ ลงทุนด้านวิจัยเกษตรน้อยมากเทียบกับในอดีต (รูป 4.10) และระบบวิจัย/ส่งเสริมของภาครัฐอ่อนแอลง

ขณะเดียวกัน หน่วยงานวิจัยเกษตรของรัฐกลับสนใจเรื่องอำนาจการกำกับควบคุม และการส่งเสริมมากกว่าการวิจัย เช่น กระบวนการอนุมัติพันธุ์พืชใหม่ๆ ยุ่งยากและใช้เวลานาน สาเหตุอื่นที่ทำให้ระบบวิจัย/ส่งเสริมการเกษตรของรัฐอ่อนแอ มีดังนี้ (ก) นักวิจัยภาครัฐขาดแรงจูงใจ (ต่างจากจีนที่แบ่งผลประโยชน์จากนวัตกรรมให้นักวิจัย) นักวิจัยมหาวิทยาลัยสนใจตีพิมพ์มากกว่าการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเกษตรกร (ข) ปัญหาการขาดแคลนนักวิจัยการเกษตรโดยเฉพาะด้าน breeding⁷² เพราะนักวิจัยเกษียณ หรือย้ายไปทำงานบริหารที่เติบโตก้าวหน้าเร็วกว่า หรือไปอยู่เอกชน (ค) ระบบส่งเสริมการเกษตรล้าสมัย เน้นการแจกปัจจัยผลิตและฟีดบอร์ม โดยนับแต่ผลผลิต (output) เช่น จำนวนผู้เข้าอบรม/สำเร็จการอบรมแต่ไม่มีการวัดผลลัพธ์ของการอบรม (เช่น ต้นทุนและกำไรก่อนและหลังการอบรม (ง) นักส่งเสริมของรัฐไม่มีความรู้เท่ากับภาคเอกชน NGO และอาจารย์มหาวิทยาลัย (จ) สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ ประกวด start-up แต่ไม่มีการต่อยอดให้เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร (ฉ) หน่วยงานราชการ (โดยเฉพาะกระทรวงเกษตร) ทำ APP จำนวนมาก (กว่า 50 APPs) แต่เกษตรกรมิได้นำไปใช้ประโยชน์ แอปส่วนใหญ่จึงเหมือนเป็นแอปไว้เอาใจ “นักการเมือง” และ (ช) นอกจากนั้นนักการเมืองนิยมใช้ “การอุดหนุน” แก้ปัญหาระยะสั้น เช่น งบอุดหนุนข้าวปี 2561 สูงกว่า งบกระทรวงเกษตร เงินอุดหนุนดังกล่าวเป็นการทำลายแรงจูงใจของเกษตรกรในการปรับตัวและหาทางปรับปรุง/เพิ่มผลผลิตด้วยเทคโนโลยีใหม่ๆ

รูปที่ 4.10 งบประมาณวิจัยต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมเกษตร (Agricultural Research Intensity)

⁷² ในด้านการปรับปรุงพันธุ์พืช จำนวนนักปรับปรุงพันธุ์พืช (plant breeders) ทั้ง conventional & molecular plant breeders ก็มีจำนวนน้อยมาก นับนิ้วมือได้ นักปรับปรุงพันธุ์พืชแบบดั้งเดิมเริ่มเกษียณ หรือเกษียณไปแล้ว และไม่มีคนรุ่นใหม่มาแทน ขณะนี้นักปรับปรุงพันธุ์พืชแบบใหม่ก็มีจำนวนจำกัด และบางคนไม่นิยมทำงานในภาคสนามเหมือนนักปรับปรุงพันธุ์พืชดั้งเดิม สาเหตุที่ไทยกำลังขาดแคลนนักปรับปรุงพันธุ์พืชรุ่นใหม่เพราะปัญหาแรงจูงใจ สำหรับนักวิจัย และงบประมาณวิจัยที่ผันผวนมาก

Agricultural research intensity (% of AgGDP)



ที่มา: ASTI, CGIAR.

5. ทำอย่างไรจึงจะเกิดการตื่นตัวของเกษตรกรในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตร

ข้อเสนอของ ศ.ดร.เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม (2562) คือ การส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตรควรเน้นที่กลุ่มเกษตรกรอาชีพ ซึ่งมีรายได้ครัวเรือนส่วนใหญ่จากภาคเกษตรก่อน เนื่องจากข้อเสนอนี้มีน้ำหนักและความสำคัญเชิงนโยบายมาก เพราะเกษตรกรมืออาชีพ (โดยเฉพาะผู้ที่ปลูกไม้ผล/ผักมูลค่าสูง/เลี้ยงกุ้ง/ปศุสัตว์) ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้/ประสบการณ์สูง มักชอบทดลองปลูกพืช/ใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ (Ammar Siamwalla 1986) เมื่อทำสำเร็จ เกษตรกรรายอื่นๆ จะค่อยๆ ทำตาม⁷³ เนื่องจากการทดลองทำอะไรใหม่ๆ มีความเสี่ยงสูง ขณะที่เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นผู้ที่ไม่ชอบเสี่ยง (risk averter) ความเข้าใจพฤติกรรมของเกษตรกรทั้งสองกลุ่มนี้จึงเป็นเรื่องสำคัญต่อการออกแบบนโยบายสนับสนุนให้เกษตรกรส่วนใหญ่ที่ไม่ชอบเสี่ยง (และแก่ตัว) หันมาใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ผู้เขียนจึงขอเสนอหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับพฤติกรรมของเกษตรกรเพื่อสนับสนุนความคิดของ ศ.ดร.เบญจวรรณ ประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์คือ ปัจจัยอะไรที่ทำให้ครัวเรือนเกษตรกรบางประเภทมีรายได้ส่วนใหญ่จากภาคเกษตร⁷⁴ ขณะที่ครัวเรือนเกษตรกรส่วนใหญ่กลับมีรายได้จากภาคเกษตรน้อย หลังจากนั้นจะเสนอแนวคิดและนโยบายการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรส่วนใหญ่เกิดการตื่นตัวและมีแรงจูงใจในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตร

⁷³ Witsanu, et al., 2019 ทดลองพบว่าหากเกษตรกรผู้เริ่มทดลองปลูกพืชชนิดใหม่ หรือใช้เทคโนโลยีใหม่ เป็นผู้มีฐานะดี เกษตรกรอื่นๆ จะไม่ลอกเลียน หรือทำตาม

⁷⁴ ข้อสมมติเบื้องต้นหลังสมการรายได้จากภาคเกษตร คือ ครัวเรือนที่มีสัดส่วนรายได้จากภาคเกษตรสูงคือ ครัวเรือนเกษตรกรมืออาชีพ

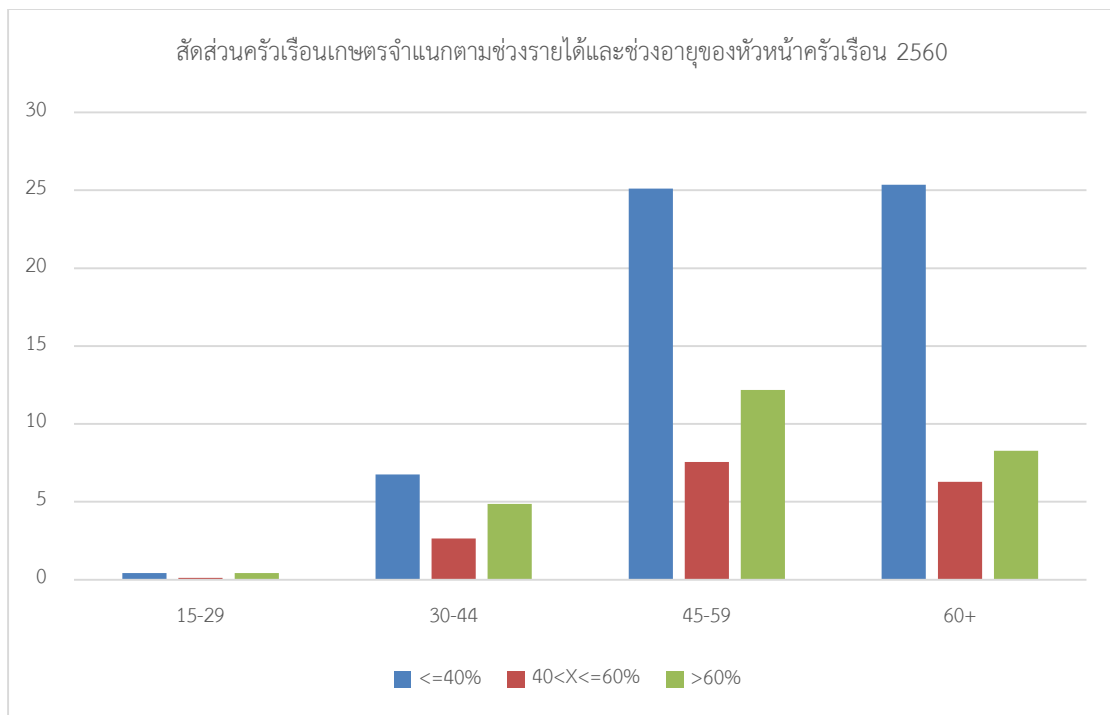
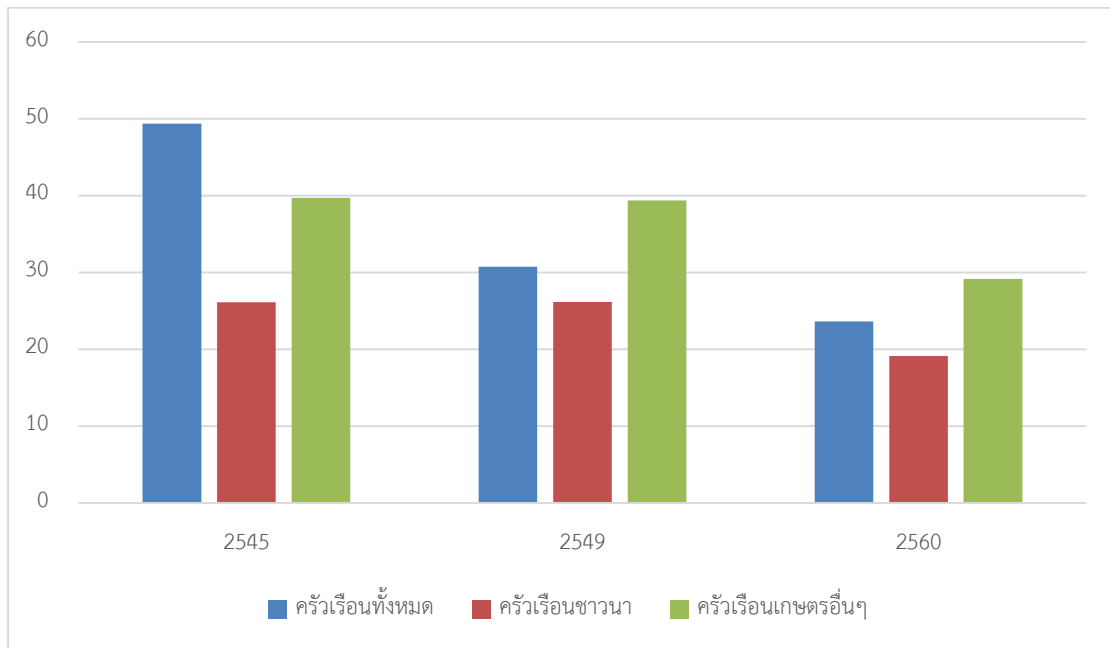
5.1 พฤติกรรมของเกษตรกร: ทำไมเกษตรกรบางกลุ่มมีรายได้ส่วนใหญ่จากนอกภาคเกษตร แต่บางคนมีรายได้ส่วนใหญ่จากภาคเกษตร

หลักฐานสำคัญ คือ ในปัจจุบันครัวเรือนเกษตรกรส่วนใหญ่⁷⁵ มีรายได้จากภาคเกษตรน้อยมากและสัดส่วนรายได้จากภาคเกษตรในรายได้ครัวเรือนมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน คือ ลดจากร้อยละ 48.45 ในปี 2545 เหลือร้อยละ 23.6 ในปี 2560 ครัวเรือนเกษตรกรที่มีอายุมากมีสัดส่วนรายได้จากภาคเกษตรมากกว่าครัวเรือนที่มีอายุน้อย (รูปที่ 5.1-ก) สาเหตุเกิดจากเกษตรกรส่วนใหญ่ส่งสมาชิก (รวมทั้งตัวหัวหน้าครัวเรือน) ออกไปทำงานนอกภาคเกษตรที่ให้รายได้สูงกว่าการทำเกษตร ยิ่งกว่านั้นครัวเรือนเกษตรกรมีปัญหาขาดแคลนแรงงานครัวเรือนเพราะลูกหลานไม่ทำเกษตร ดังนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่จึงเลือกปลูกพืชที่ไม่ต้องใช้แรงงานในการดูแลไร่นา เช่น ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย หรือพืช/สัตว์ที่สามารถจ้างคนดูแลรับผิดชอบโดยแบ่งผลผลิตตอนเก็บเกี่ยว เช่น ยางพารา การเลี้ยงกุ้ง และปลา เป็นต้น นี่คือเหตุผลที่เกษตรกรซึ่งทำนามีสัดส่วนรายได้จากเกษตรต่ำกว่าเกษตรกรที่ปลูกพืชอื่นๆ (รูปที่ 5.1-ข) เกษตรกรบางเวลาเหล่านั้นจึงไม่น่าจะมีแรงจูงใจในการลงทุนด้านเทคโนโลยีใหม่⁷⁶ ยิ่งเกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุมากขึ้น (ปัจจุบันเฉลี่ยเกือบ 60 ปี) ก็ยิ่งไม่ต้องการลงทุนเพิ่มเติม เพราะต้องนำเงินออมและทรัพย์สินไปใช้จ่ายในยามชรา

⁷⁵ ครัวเรือนเกษตรกร หมายถึง ครัวเรือนที่มีที่ดินเกษตร และมีกิจกรรมด้านการเกษตร ส่วนนิยามของสำนักงานสถิติแห่งชาติ หมายถึง ครัวเรือนที่มีรายได้ส่วนใหญ่จากภาคเกษตร

⁷⁶ ยกเว้นเกษตรกรซึ่งปลูกพืชมูลค่าสูง เช่น ผัก เมล่อน ผลไม้ กล้วยไม้ ดอกไม้ เป็นต้น

รูปที่ 5.1-ก สัดส่วนรายได้เกษตรกรของครัวเรือนเกษตรกร



หมายเหตุ: ปี2549-ปัจจุบัน นิยามให้นับครัวเรือนที่มีรายได้เกษตรกรเป็นครัวเรือนเกษตรกร

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ การสำรวจรายได้รายจ่ายครัวเรือน 2560

รูปที่ 5.1-ข สัดส่วนรายได้เกษตรกรของครัวเรือนชาวนา VS เกษตรกรอื่นๆ



ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ การสำรวจรายได้รายจ่ายครัวเรือน 2549- 2560

ส่วนเกษตรกรรออาชีพจะเป็นผู้ที่มีรายได้ครัวเรือนส่วนใหญ่จากการทำเกษตร (คือ เกินกว่าร้อยละ 60)⁷⁷ รูปที่ 5.1-ก แสดงว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีรายได้จากเกษตรเกินร้อยละ 60 ส่วนใหญ่มีอายุในช่วง 45-49 รองลงมาคือ กลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไป และกลุ่มอายุ 30-44 ตามลำดับ เกษตรกรเหล่านี้คือผู้ที่ใช้เวลาส่วนใหญ่ในไร่นา

ผลการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยพบว่าเกษตรกรที่มีรายได้จากภาคเกษตรในสัดส่วนสูงเลือกปลูกผลไม้ ทำประมง ปลูกผักและดอกไม้ และ ทำปศุสัตว์ (เทียบกับเกษตรกรที่ปลูกพืชไร่) ส่วนชาวนาจะมีสัดส่วนรายได้จากเกษตรต่ำกว่าชาวไร่ นอกจากนั้นเกษตรกรที่มีรายได้จากเกษตรในสัดส่วนสูงจะมีสมาชิกครัวเรือนช่วยงานเกษตร (หากมีสมาชิกไปทำงานนอกเกษตร สัดส่วนรายได้จากเกษตรจะลดลง) มีที่ดินทำกินมาก และเป็นผู้เช่าที่ดินบางส่วน และเกษตรกรในภาคกลางจะมีสัดส่วนรายได้จากเกษตรสูงกว่าเกษตรกรในภาคอื่นๆ (รูปที่ 5.2)

การวิเคราะห์เรื่องผลกระทบของการศึกษาของหัวหน้าครัวเรือนและสมาชิก เพราะแม้ว่าผู้มีการศึกษาคต่ำ (กลุ่มที่ 2) มีสัดส่วนรายได้จากเกษตรลดลง (ซึ่งไม่น่าแปลกใจ) แต่กลุ่มผู้มีการศึกษาสูง

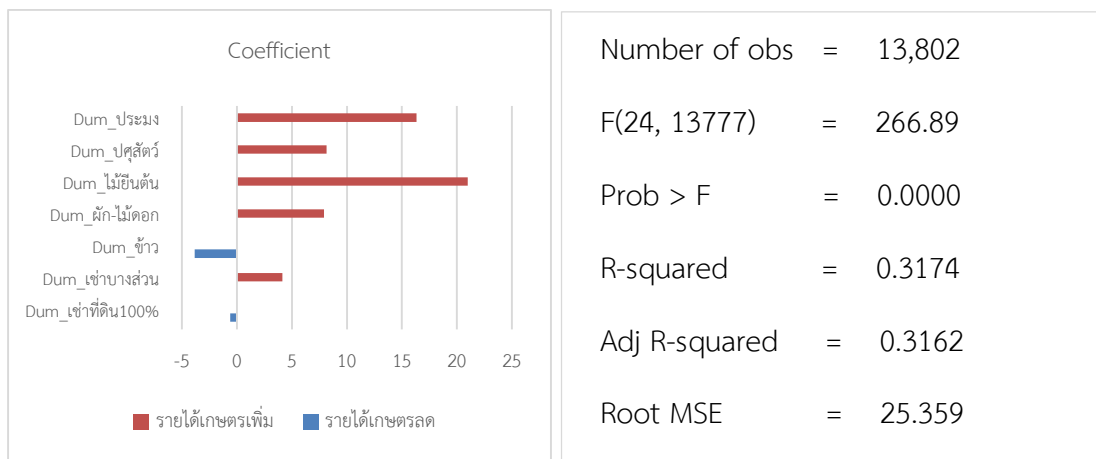
⁷⁷ เกษตรกรรออาชีพจะมีที่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีแหล่งน้ำทั้งจากคลองธรรมชาติและคลองชลประทาน นอกจากนั้นเกษตรกรรออาชีพที่ทำนา อ้อย และยาง เริ่มมีขนาดไร่นาใหญ่ขึ้น โดยอาศัยการเช่าที่ดินบางส่วนจากญาติพี่น้องและเพื่อนบ้าน (ดูผลวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยข้างล่าง)

(กลุ่มที่ 4) มีรายได้จากภาคเกษตรมากขึ้น ส่วนกลุ่มที่มีการศึกษาสูงสุด (กลุ่มที่ 5) กลับมีสัดส่วนรายได้จากเกษตรลดลงเล็กน้อย (รูปที่ 5.3) นอกจากนั้นการศึกษาในระบบอาจไม่สำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตภาพการเกษตรเท่ากับประสบการณ์และความรู้จากการลงมือทำเกษตร (tacit knowledge)

นอกจากปัจจัยต่างๆ ข้างต้นแล้ว สาเหตุอีกประการหนึ่งที่เกษตรกรอาชีพมีรายได้จากภาคเกษตร ในสัดส่วนที่สูงกว่าเกษตรกรทั่วไป คือ เกษตรกรอาชีพ (โดยเฉพาะเกษตรกรกลุ่มหัวก้าวหน้า) มักจะเป็นผู้ที่เริ่มทดลองปลูกพืชใหม่ๆ (รวมทั้งทดลองใช้เทคโนโลยีและเทคนิคใหม่ๆ (pioneer farmers) เมื่อประสบความสำเร็จ เกษตรกรส่วนใหญ่ในหมู่บ้าน (ซึ่งไม่ชอบเสี่ยง หรือที่นักเศรษฐศาสตร์เรียกว่ากลุ่ม risk averter) จึงค่อยเลียนแบบ งานศึกษาของอัมมาร สยามวาลาเคยตั้งข้อสังเกตนี้ไว้ (Siamwala 1986) อย่างไรก็ตาม การศึกษาล่าสุดพบว่าหากเกษตรกร ซึ่งทดลองปลูกพืชชนิดใหม่ หรือวิธีผลิตแบบใหม่ เป็นเกษตรกรที่มีฐานะดี เกษตรกรส่วนใหญ่จะไม่กล้าทำตาม เพราะทราบว่าตนไม่มีทรัพยากรเพียงพอเหมือนเกษตรกรที่มีฐานะ (Witsanu et al. 2019)

ส่วนวิธีการเผยแพร่ความรู้จากกลุ่มเกษตรกรหัวก้าวหน้าสู่เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเรื่องที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมทั้งวิธีการเผยแพร่ และการทำความเข้าใจพฤติกรรมของเกษตรกรส่วนใหญ่ โดยเฉพาะเกษตรกรที่ชราภาพแล้ว ยิ่งกว่านั้นยังจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมว่าต้นทุนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตรสำหรับเกษตรกร ซึ่งปลูกพืชเศรษฐกิจมูลค่าต่ำ (เช่น ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา) เป็นอย่างไร และมีความคุ้มค่าเพียงใด

รูปที่ 5.2 สมการถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนรายได้เกษตรของครัวเรือนกับตัวแปรต่าง



Note: ผล regression ดังนี้ สัดส่วนรายได้เกษตรต่อรายได้ครัวเรือน (Y) = 65.02 - 0.86อายุ + 0.01อายุ² - 0.47ดัชนีการศึกษาหัวหน้าครัวเรือน - 0.33ดัชนีการศึกษารวมของครัวเรือน + 0.35ขนาดที่ดินรวม + 4.18สมาชิกที่ทำเกษตร - 4.06สมาชิกที่ทำงานนอกเกษตร - 8.93Dum_ภาคเหนือตอนบน - 5.48Dum_ภาคเหนือตอนล่าง - 21.23Dum_ภาคอีสานตอนบน - 20.9Dum_ภาคอีสานตอนล่าง - 11.57Dum_ภาคตะวันตก - 10.35Dum_ภาคตะวันออก - 7.34Dum_ภาคใต้ตะวันออก - 12.22Dum_ภาคใต้ตะวันตก + 2.97Dum_เพศชาย - 0.59Dum_เช่าที่ดิน100% + 4.14Dum_เช่าบางส่วน - 3.82Dum_ข้าว + 7.91Dum_ผักไม้ดอก + 20.99Dum_ไม่ยื่นต้น + 8.17Dum_ปศุสัตว์ + 16.32Dum_ประมง

ดัชนีการศึกษากำหนดให้ (1) ไม่มีและก่อนประถมศึกษา (2) ประถมศึกษา (3) มัธยมศึกษาตอนต้น (4) มัธยมศึกษาตอนปลาย (5) สูงกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย

ดัชนีการศึกษารวมของครัวเรือน = $\sum_{i=1}^n X_i$ โดยที่ $X =$ ดัชนีการศึกษา 1, 2, ..5 ของสมาชิกครัวเรือนคนที่ i ต้นทุนต่อไร่ และ Dum_เช่าที่ดิน 100% ไม่มีนัยสำคัญ

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ การสำรวจรายได้รายจ่ายครัวเรือน 2560

รูปที่ 5.3 สัดส่วนครัวเรือนเกษตรกรแยกตาม % รายได้เกษตรกรและการศึกษา



Note: ดัชนีการศึกษากำหนดให้ (1) ไม่มีและก่อนประถมศึกษา (2) ประถมศึกษา (3) มัธยมศึกษาตอนต้น (4) มัธยมศึกษาตอนปลาย (5) สูงกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ การสำรวจรายได้รายจ่ายครัวเรือน 2560

5.2 นโยบายและแนวทางสร้างความตื่นตัวในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตร เพื่อพลิกโฉมภาคเกษตรไทย

ก) กลยุทธ์หลักของนโยบายพลิกโฉมภาคเกษตรไทยอย่างยั่งยืน คือ (ก) การพัฒนาและใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพิ่มรายได้สุทธิของเกษตรกร (ทั้งการใช้ปัจจัยการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูง และมีคุณสมบัติตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของสินค้าเกษตรไทย) ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถรับมือกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (ข) การสร้างสถาบันใหม่ในการขับเคลื่อนนโยบายการส่งเสริมเกษตรแบบสี่ประสานที่อาศัยศักยภาพของเกษตรกรมืออาชีพ ภาครัฐ ภาคเอกชน (รวมทั้งประชาสังคม) และมหาวิทยาลัย

ข) เป้าหมายของนโยบายส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ คือ การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ และผลผลิตต่อเกษตรกร มีการผลิตและจำหน่ายสินค้าเกษตรที่มีมูลค่าสูง เป็นสินค้าปลอดภัย เป็นสินค้าใหม่ตามความต้องการของตลาด และลดผลกระทบของกิจกรรมการเกษตรต่อทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม

ค) มาตรการหลักมี 5 ประการ ดังต่อไปนี้

(1) ปฏิรูประบบวิจัยเกษตรภาครัฐให้เป็นการวิจัยที่เน้นการสนองความต้องการของตลาด เป้าหมาย คือ การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านการเกษตรเพื่อเพิ่มรายได้ของเกษตรกรรายเล็ก/กลาง (เช่น การปรับปรุงพันธุ์ใหม่ตามความต้องการของตลาด ลดการใช้ปัจจัยการผลิตและเพิ่มผลผลิตต่อไร่) การสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีด้านเครื่องทุ่นแรงการเกษตร การพัฒนาสายพันธุ์ใหม่ที่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การสร้างแพลตฟอร์มการตลาดด้านต่างๆ สำหรับเกษตรกร

ฯลฯ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่รัฐต้องเร่งจัดทำแผนระยะกลางและระยะยาวการวิจัยด้านการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ และการจัดตั้งคณะกรรมการวิจัยเกษตรแห่งชาติ ให้เป็นผู้รับผิดชอบเรื่องการปฏิรูประบบวิจัยภาครัฐ โดยให้มีการร่วมมือกับผู้มีส่วนได้เสีย คณะกรรมการวิจัยเกษตรฯ ควรประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ 4 ฝ่าย (คือ ภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคประชาสังคม เกษตรกร และนักวิชาการ) องค์ประกอบของคณะกรรมการฯ จะต้องเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในจำนวนที่มากกว่าข้าราชการโดยตำแหน่งหน้าที่เร่งด่วนของคณะกรรมการฯ คือ การวางเป้าหมายและกลยุทธ์การวิจัย (ซึ่งอาจต้องจ้างให้มีการวิจัย) วางหลักเกณฑ์การจัดสรรทุนวิจัย การประเมินและติดตามผลการวิจัย การปรับปรุงระบบแรงจูงใจ และการเลื่อนขั้นเงินเดือน การพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ รวมทั้งการวางแนวทางและหลักเกณฑ์การร่วมมือด้านงานวิจัยกับองค์กรระหว่างประเทศ และการร่วมมือวิจัยกับบริษัทเอกชนทั้งในประเทศและต่างประเทศ

(2) ยกเครื่องระบบส่งเสริมการเกษตรของภาครัฐใหม่ เหตุผลที่ต้องยกเครื่องระบบส่งเสริมเกษตรมีอย่างน้อย 3 ประการ ประการแรก ระบบและมาตรการการส่งเสริมในปัจจุบันที่เป็นระบบ “one size fits all” ไม่ได้ผลและสูญเปล่า เพราะไม่ได้คำนึงถึงความแตกต่างและความหลากหลายของพื้นที่ การเกษตร ภูมิอากาศ ประเภท และชนิดพืช วิธีเพาะปลูก ตลอดจนพฤติกรรมของเกษตรกร ประการที่สอง มาตรการส่งเสริมและประเมินผลยังเน้นการทำงานและการประเมินผลจากจำนวนเกษตรกรที่เข้าอบรม และการแจกปัจจัยการผลิต แต่ไม่ประเมินผลลัพธ์/ต้นทุนภายหลังการฝึกอบรม จุดอ่อนสำคัญประการสุดท้าย คือ ข้าราชการที่ทำหน้าที่ด้านส่งเสริมขาดความรู้ ความชำนาญ ขณะนี้เกษตรกรมีอาชีพ บริษัทธุรกิจการเกษตร อาจารย์มหาวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่องค์กรเอกชนที่ไม่แสวงหากำไร (NGO) มีความรู้และเทคโนโลยีดีกว่าเจ้าหน้าที่รัฐ ยิ่งกว่านั้นเจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่ของกรมส่งเสริมการเกษตรต้องใช้เวลาส่วนใหญ่กับการจดทะเบียนเกษตรกร และทำรายงานให้ผู้บังคับบัญชา

แนวทางการยกเครื่องระบบการส่งเสริมการเกษตร ได้แก่ การเปลี่ยนบทบาทของหน่วยงานส่งเสริมของรัฐ (ไม่ว่าจะเป็นกรมส่งเสริมการเกษตร กรมประมง กรมปศุสัตว์ กรมการข้าว) จากการทำหน้าที่ด้านให้การส่งเสริมโดยตรง มาเป็นผู้ให้ทุนสนับสนุนแก่กลุ่ม/องค์กร/บริษัท/มหาวิทยาลัยที่เสนอโครงการส่งเสริมโดยร่วมมือกับกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ต่างๆ วิธีนี้จะทำให้เราได้ข้อเสนอโครงการส่งเสริมการเกษตรที่สอดคล้องกับความจำเป็นของเกษตรกร และความต้องการของตลาด รวมทั้งได้นักส่งเสริมที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างแท้จริง หน้าที่อีกประการหนึ่งของหน่วยงานราชการ คือ การประเมินผลโครงการต่างๆ ข้อเสนอใหม่นี้จะลดปัญหา “ผลประโยชน์ขัดแย้งกัน” (conflict of interests) จากการที่เจ้าหน้าที่รัฐทำหน้าที่ทั้งการเสนอโครงการส่งเสริม บริหารโครงการ และประเมินผลโครงการ

รูปแบบการส่งเสริมแบบใหม่นี้ เรียกว่า “โครงการ 4 ประสาน” ที่ประกอบด้วยรัฐ ภาคเอกชน มหาวิทยาลัย และเกษตรกร

(3) การส่งเสริมเกษตรกรอาชีพให้ลงทุนและใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ดังที่กล่าวแล้วว่า เกษตรกรมืออาชีพจะเป็นตัวหลักในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ความรู้ใหม่ และพืช/พันธุ์พืชชนิดใหม่ๆ เมื่อทำสำเร็จเกษตรกรทั่วไปจะเริ่มลอกเลียนแบบ ดังนั้นสิ่งที่รัฐควรทำ คือ มีแผนงานอุดหนุน เกษตรกรอาชีพที่ปลูกพืช หรือเลี้ยงสัตว์ หรือทำประมง และประสบปัญหาด้านการผลิต (หรือแม้กระทั่งด้านการตลาด) ได้มีโอกาสนำปัญหาดังกล่าวมาให้แก่นักวิชาการ/อาจารย์มหาวิทยาลัยช่วยคิดหาวิธีแก้ปัญหา แล้วทำแปลงสาธิตการแก้ปัญหาในไร่นาของเกษตรกรอาชีพเหล่านั้น เมื่อประสบความสำเร็จจนเกษตรกรรายอื่นต้องการลอกเลียนแบบ รัฐก็มีทุนสนับสนุนให้ start-ups นำความรู้ดังกล่าวพัฒนาเป็นแพลตฟอร์ม เพื่อใช้แก้ปัญหาให้เกษตรกรทั่วไป รวมทั้งมีการฝึกอบรมโดยการถ่ายทอดแนวทางวิเคราะห์/แก้ปัญหาให้กับอาจารย์ในคณะเกษตร/คณะวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ ในแต่ละจังหวัด หรือแม้กระทั่งฝ่ายวิชาการของ start-ups เพื่อให้เป็นผู้ฝึกอบรม ผู้นำกลุ่มเกษตรกรทั่วไปอีกทอดหนึ่ง (training the trainers)

ตัวอย่างของแนวทางการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแก้ปัญหาเฉพาะให้เกษตรกรจนประสบความสำเร็จอย่างสูง เช่น ผลงานของศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อย่างน้อย 2 กรณี⁷⁸ ได้แก่ การส่งนักวิชาการเข้าไปวิเคราะห์สาเหตุ มังคุดที่นครศรีธรรมราชมีปัญหา ยางแก้ว และพบว่าเกิดจากการขาดธาตุสังกะสี (ดูวิดีโอถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพมังคุดในภาคใต้ ปี 2561 โดย รศ. ดร. สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์ และ รศ. ดร. สุมิตรา ภู่วโรตม 2561 ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร มก. <https://m.youtube.com/playlist?list=PLP6z9-2cLeKEXiXYLWvXhRemvtr64DgO>) รวมทั้งการวิเคราะห์ปัญหาข้าวหอมมะลิ 105 ที่จังหวัดร้อยเอ็ดมีผลผลิตต่ำ (440 กก./ไร่) และพบว่าดินขาดโปแทสเซียม จึงแนะนำให้เกษตรกรเปลี่ยนสูตรปุ๋ย ทำให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นเป็น 600 กก./ไร่ และมีโอกาสเพิ่มขึ้นถึง 700 ก.ก./ไร่ (ดู สุมิตรา ภู่วโรตม 2563 http://youtu.be/qDbxyBaf_1k; <http://youtu.be/UyxksvdhTyg>; <http://youtu.be/kO-h7gUZ2E>) รวมทั้งกรณีที่อาจารย์จากมหาวิทยาลัยมหิดลช่วยเกษตรกรชาวสวนลำไยที่สมุทรสาครวิเคราะห์สาเหตุที่ลำไยไม่ออกดอก โดยการพัฒนาเซนเซอร์ตรวจความร้อนในสวนลำไยแบบ real time และหาวิธีแก้ปัญหาได้สำเร็จ

นอกจากการมีโปรแกรมอุดหนุนการแก้ปัญหาให้เกษตรกรแล้ว หน่วยราชการสามารถนำความรู้จากเกษตรกรอาชีพที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ มาประมวล แล้วพัฒนาเป็นการฝึกอบรมแบบ online หรือเป็น platform โดยให้เอกชน/มหาวิทยาลัยเป็นผู้พัฒนาโปรแกรม แต่การประเมินผล

⁷⁸ ตัวอย่างทั้งสองนี้เป็นการบูรณาการการใช้เทคโนโลยีเก่า (วิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน และการสังเคราะห์แสงของมังคุด) กับการนำเทคโนโลยีใหม่ (digital เช่นการใช้ช่องทาง online ผ่าน social media) มาเป็นเครื่องมือการส่งเสริม แทนวิธีส่งเสริมผ่านช่องทางดั้งเดิม (offline) ดังกล่าวแล้วข้างต้น

จะต้องวัดจากความสำเร็จในการแก้ปัญหาให้เกษตรกร เช่น ผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต และผลผลิตต่อไร่

นอกจากนี้รัฐควรมีนโยบายเปิดเผยข้อมูลต่างๆ ของหน่วยราชการให้นักวิจัย และ agri-tech startups ที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมหรือโครงการวิจัยของรัฐ เช่น ข้อมูลจากดาวเทียม การพยากรณ์อากาศเป็นรายสถานี การสำรวจรายได้-รายจ่ายของครัวเรือนเกษตรกร รายงานเรื่องสินค้าคงคลังด้านการเกษตรที่เอกชนต้องรายงานให้กรมการค้าภายใน (แต่ไม่ต้องเปิดเผยเป็นรายบริษัท) ฯลฯ

(4) การปรับเปลี่ยนโครงสร้าง eco-system ด้านวิจัยและเทคโนโลยีการเกษตร: eco-system ด้านวิจัยและเทคโนโลยีการเกษตรเป็นศัพท์ที่ดัดแปลงมาจาก eco-system ของระบบนิเวศที่มีองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ สิ่งมีชีวิต สิ่งที่ไม่มีชีวิต และปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิต⁷⁹ ดังนั้น eco-system ด้านวิจัยและเทคโนโลยีการเกษตร⁸⁰ จึงประกอบด้วย (1) เกษตรกรและผู้บริโภคที่ใช้เทคโนโลยีการเกษตรหรือบริการของเทคโนโลยีดิจิทัล (2) ผู้เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีดิจิทัล ได้แก่ agri-tech startups นักวิจัย นักลงทุนประเภทต่างๆ (venture cap, crowd funding), incubators, accelerators เจ้าหน้าที่รัฐ (3) ข้อมูล big data (ที่รวบรวมแบบมีมาตรฐานจากหน่วยงานรัฐ และเปิดเผยต่อสาธารณะ) นโยบายและกฎระเบียบต่างๆ สถาบันและองค์กรที่เกี่ยวข้อง (4) ช่องทางการติดต่อสื่อสารระหว่างเกษตรกร ผู้บริโภคและสตาร์ทอัพ ไม่ว่าจะเป็นช่องทาง online หรือ offline (5) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเกษตรกร ผู้บริโภค สตาร์ทอัพ กับผู้เกี่ยวข้อง เช่น โครงสร้างตลาดและการแข่งขันในตลาดระบบแรงจูงใจ รวมทั้งพฤติกรรม/กระบวนการตอบสนองของผู้เกี่ยวข้องต่อการเปลี่ยนแปลงด้านนโยบาย สถาบันและองค์กร และแรงจูงใจ เป้าหมายของการสร้าง ecosystem ด้านวิจัยและเทคโนโลยีการเกษตรคือการก่อให้เกิดระบบการผลิตและการค้าสินค้าเกษตรที่มีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืน ลดการใช้ปัจจัยการผลิต และต้นทุนการผลิต ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและภูมิอากาศ การจะบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้ โครงสร้างของ ecosystem ต้องเป็นระบบที่ก่อให้เกิดการแข่งขัน ควบคู่กับการร่วมมือของฝ่ายต่างๆ

แต่ข้อจำกัดคือ eco-system ด้านการวิจัย/วิทยาศาสตร์/เทคโนโลยีการเกษตรของไทยในปัจจุบันเป็นโครงสร้างที่กำหนดให้หน่วยงานรัฐเป็นผู้มีบทบาทหลัก ไม่ว่าจะเป็นศูนย์วิจัย/สถานีวิจัย

⁷⁹ แนวคิดเรื่อง digital business ecosystem เกิดจากนักวิจัยในยุโรปที่ประยุกต์ใช้ digital ecosystems มาสร้างแบบจำลองกระบวนการพัฒนาและปรับตัวของผลิตภัณฑ์/บริการ ICT ในตลาดที่มีการแข่งขัน แต่เป็นตลาดที่แยกส่วนกัน (ระหว่างประเทศต่างๆ ในสหภาพยุโรป) (Nachira, Dini, Nicolai 2007, A Network of Digital Business Ecosystems for Europe: Roots, Processes and Perspective in Digital Business, European Commission)

⁸⁰ สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ ระบุโครงสร้างของ startup ecosystem ของไทยว่าประกอบด้วย startups 317 ราย นักลงทุน 17 ราย accelerators 16 ราย coworking 2 แห่ง บริษัทใหญ่ที่เกี่ยวข้อง 15 บริษัท มหาวิทยาลัย 1 แห่ง และหน่วยงานราชการ 5 หน่วยงาน (รายงานประจำปี 2562)

ของกระทรวงเกษตรฯ สวทช. หรือมหาวิทยาลัยต่างๆ ภาคเอกชนและเกษตรกรไม่มีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายด้านววน. ยกเว้นการที่รัฐมีมาตรการยกเว้นลดหย่อนภาษีสำหรับค่าใช้จ่ายในการวิจัย อีกเหตุผลหนึ่งที่เกษตรกรไม่มีส่วนร่วมในด้านนโยบายวิจัย ก็เพราะเดิมเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายเล็ก ไม่มีแรงจูงใจ/ทุนเพียงพอที่จะลงทุนด้านวิจัย (ยกเว้นการปรับปรุงพันธุ์ผลไม้ของเกษตรกร) แต่เวลานี้สถานการณ์ด้านวิทยาศาสตร์วิจัยและเทคโนโลยี (ววน.) ของโลกกำลังเปลี่ยนโฉมหน้า บริษัทเอกชนกลายเป็นผู้มีบทบาทหลักในด้านการวิจัยและสร้างนวัตกรรม ในประเทศที่พัฒนาแล้วโดยเฉพาะสหรัฐอเมริกา บริษัทเอกชน (โดยเฉพาะบริษัทธุรกิจการเกษตรข้ามชาติ) มีเงินลงทุนด้านวิจัยและนวัตกรรมมากกว่ารัฐบาล ส่วนหนึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญาด้านการเกษตร ที่ทำให้ความรู้และเชื้อพันธุ์ใหม่ๆ กลายเป็นทรัพย์สินส่วนบุคคล กฎหมายการคุ้มครองพันธุ์พืช (UPOV9) มีผลให้บริษัทข้ามชาติด้านเคมีเกษตรและธุรกิจอาหารต้องควมรวมกันดังกล่าวแล้ว เพราะแต่ละบริษัทต่างมีทรัพย์สินทางปัญญา (สิทธิบัตร และความลับทางการค้า) และความรู้เฉพาะบางด้าน การจะสร้างหรือดำรงขีดความสามารถในการแข่งขันในธุรกิจการเกษตรในปัจจุบันและในอนาคต (เช่น การพัฒนาพันธุ์ใหม่แต่ละพันธุ์อาจต้องอาศัยความรู้ต่างๆ ที่มีการจดสิทธิบัตรไม่ต่ำกว่า 10 ฉบับ) บริษัทข้ามชาติจึงต้องมีการควมรวม หรือ take over คู่แข่ง

ด้วยเหตุนี้รัฐจึงควรพิจารณาอย่างจริงจังถึงวัตถุประสงค์และแนวทางการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง eco system ด้าน ววน. การเกษตรเพื่อให้ไทยสามารถรักษาความสามารถในการแข่งขันด้านสินค้าเกษตรและอาหาร ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและภูมิอากาศ ประเด็นหลักของการปรับโครงสร้างครั้งนี้ คือ การเพิ่มบทบาทของภาคเอกชนทั้งในประเทศและต่างประเทศ กับบทบาทของกลุ่มเกษตรกร รวมทั้งการปรับเปลี่ยนรูปแบบองค์กร กฎระเบียบ แรงจูงใจ ฯลฯ เพื่อให้ระบบววน. ของไทยสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดที่กำลังเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีศักยภาพที่จะนำความรู้ใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กำลังก้าวหน้าแบบก้าวกระโดด รวมทั้งสามารถใช้ความรู้รับมือกับภาวะการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ และโรคระบาดชนิดใหม่ๆ ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ทำให้ระบบเกษตรมีความยั่งยืน

ประเด็นการปรับโครงสร้าง ecosystem ด้าน ววน. การเกษตรและอาหารที่รัฐควรเร่งพิจารณา ได้แก่ การทบทวนนโยบายการวิจัย⁸¹ รูปแบบโครงสร้างและการบริหารจัดการงานของหน่วยงานวิจัย หน่วยงานที่กำหนดและติดตามนโยบาย ววน. บทบาทของภาคเอกชน (ทั้งบริษัทเอกชนไทยและต่างชาติ) และกลุ่มเกษตรกรในด้านการวิจัย และการส่งเสริมกฎระเบียบกำกับองค์กรต่างๆ ไม่ว่า

⁸¹ ตัวอย่างเช่นการทบทวนนโยบายการวิจัยด้าน GMO แม้ปัญหา GMO จะอยู่นอกขอบเขตศึกษาของรายงานฉบับนี้ แต่ผู้เขียนมีความเห็นว่าคณะรัฐมนตรีควรทบทวนมติที่กำหนดให้การวิจัยทดลองปลูกพืช GMO ในภาคสนามต้องได้รับอนุมัติจากคณะรัฐมนตรี ให้เป็นอำนาจหน้าที่ของผู้เชี่ยวชาญที่เป็นตัวแทนของผู้มีส่วนได้เสียทุกฝ่าย เพราะเรื่องนี้เป็นประเด็นทางวิชาการและเทคนิค ไม่ควรเป็นประเด็นทางการเมือง อย่างไรก็ตามควรมีอำนาจกำหนดหลักเกณฑ์ทางวิชาการและความปลอดภัยในการทดลองปลูกพืช GMO ในภาคสนาม

จะเป็นหน่วยงานรัฐ และบริษัทเอกชน การพัฒนาและระบบแรงจูงใจสำหรับนักวิจัยและนักเทคโนโลยี นโยบายเรื่องข้อมูลแบบเปิด (open data) โดยการกำหนดให้มีการรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ตามมาตรฐานที่กำหนด จากนั้นจึงเปิดเผยข้อมูลให้ผู้เกี่ยวข้องนำไปใช้ประโยชน์ กฎหมายด้านการคุ้มครองพันธุ์พืชกับทรัพย์สินทางปัญญา protocol ในการจดทะเบียนคุ้มครองพันธุ์พืช รวมทั้งการร่วมวิจัยและพัฒนาระหว่างภาคเอกชนกับภาครัฐ (เช่น การมีกฎหมายพิเศษที่สามารถเก็บค่าธรรมเนียมเพื่อใช้ในการวิจัยตามทิศทางความต้องการของตลาด) ฯลฯ

ประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณา คือ Ecosystem ด้านวิจัยและเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ ควรเป็นระบบที่มีการแข่งขันควบคู่กับการร่วมมือกัน คำนึงถึงความหลายของภาคเกษตร การตัดสินใจแบบกระจายอำนาจของเกษตรกรและผู้ประกอบการในธุรกิจการเกษตร รวมทั้งความยั่งยืนของภาคเกษตร

การจะปรับเปลี่ยน ecosystem เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ ครั้งใหญ่นี้ รัฐจำเป็นต้องจ้างทีมผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ศึกษา และจัดทำ master plan ครั้งใหญ่ โจทย์สำคัญของการศึกษาเรื่อง ecosystem ด้าน ววน.การเกษตร คือ ecosystem ที่จะนำไปสู่การวิจัยและการส่งเสริมให้เกษตรกรอาชีพเข้าถึง และสามารถนำความรู้และเทคโนโลยีสมัยใหม่ไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งแนวทางการขยายผลสู่เกษตรกรทั่วไป ประเด็นการวิจัยมีดังนี้

- ศึกษาติดตามสถานการณ์การใช้เทคโนโลยีในต่างประเทศ
- การนำความรู้ดังกล่าว (กรณีเป็น open source) มาส่งเสริมให้เกษตรกรประยุกต์ใช้ (adoption) หรือปรับให้เหมาะกับการใช้ในไทย (adaption)
- การสนับสนุนการสร้างบุคลากรด้าน data scientists และการฝึกอบรมนักส่งเสริมการเกษตรพันธุ์ใหม่ที่อาศัย Social media เป็นเครื่องมือ
- นโยบาย open data
- การปรับเปลี่ยนระบบแรงจูงใจด้านวิจัยและส่งเสริม
- ฯลฯ

ผลลัพธ์ (outcome) ของการวิจัย คือ

- เพิ่มผลิตภาพและมูลค่าผลผลิตของเกษตรกร
- ลดต้นทุนต่อหน่วย
- ลดความเสี่ยงจากฝนแล้ง/ฝนทิ้งช่วง/น้ำท่วม ศัตรูพืช
- ให้ข้อมูลภาวะราคาปัจจัยผลิตในท้องที่
- ให้ข้อมูลราคาผลิตผลเกษตรในพื้นที่

(5) *มาตรการอื่นๆ* ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ การวิจัยด้านตลาดและความต้องการสินค้าเกษตรและอาหารในตลาดโลกควบคู่กับการส่งเสริม

และขยายตลาดสินค้าเกษตรและอาหาร การวิจัยด้านตลาดจะช่วยให้ รัฐและนักวิชาการสามารถ คาดคะเนความต้องการของผู้บริโภคในตลาดต่างประเทศ รวมทั้งแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการ บริโภคในตลาดโลก ความรู้ดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนวิจัย เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยี และนวัตกรรมด้านการเกษตรและอาหาร ของไทย

ง) แนวทางใหม่ในการพัฒนาและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่

โดยสรุป การดำเนินตามข้อเสนอด้านนโยบาย กลยุทธ์และมาตรการข้างต้นจะประสบความสำเร็จได้ก็ต่อเมื่อรัฐเปลี่ยนแนวทางการดำเนินนโยบายพัฒนา (development approach) อย่างน้อย 4 ด้าน คือ (ก) นโยบายเกษตรควรคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่ว่าเกษตรกรรมเป็นกิจกรรมและ กระบวนการที่แตกต่าง และหลากหลาย รัฐไม่ควรใช้นโยบาย one size fits all (ข) บทเรียนสำคัญ จากความสำเร็จของนโยบาย Apollo ของสหรัฐอเมริกาที่ต้องการส่งมนุษย์ไปดวงจันทร์ก่อนสหภาพ โซเวียต (De Clercq *et al.*, 2018) คือ ประการแรก การพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ควรเน้น เรื่องการมุ่งเป้า (targeted goals) และระยะเวลาที่ต้องการบรรลุผล ส่วนรายละเอียดในการ ดำเนินงานปล่อยให้เป็นที่รับผิดชอบของผู้เชี่ยวชาญที่มีหน้าที่รับผิดชอบบริหารจัดการ ประการที่ สอง ความสำเร็จส่วนใหญ่เกิดจากความร่วมมืออย่างจริงจังกับผู้มีส่วนได้เสีย กรณี Apollo นอกจาก นักวิจัยในมหาวิทยาลัยต่างๆ แล้ว ยังมีบริษัทเอกชนร่วมโครงการกว่า 12,000 บริษัท ในกรณีของไทย เราเรียกความร่วมมือนี้ว่า “สี่ประสาน” คือ รัฐ ภาคเอกชน/ประชาสังคม วิชาการ และเกษตรกร (ค) การดำเนินโครงการต่างๆ ควรก่อให้เกิดผลลัพธ์ระหว่างการดำเนินงาน มิใช่ต้องรอจนกว่าเสร็จ โครงการ (ง) การปฏิรูปเทคโนโลยีเกษตรครั้งนี้จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรจำนวนมาก รวมทั้งการ ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและแรงจูงใจของเกษตรกร รัฐและฝ่ายการเมืองจึงควรมีความกล้าหาญทาง การเมืองในการปฏิรูปนโยบายการอุดหนุนภาคเกษตรที่ใช้เงินมากกว่าปีละหนึ่งแสนล้านบาท ซึ่ง มากกว่างบประมาณของกระทรวงเกษตรฯ และโยกเงินส่วนใหญ่มาอุดหนุนและให้แรงจูงใจด้านการ วิจัยพัฒนาและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ โดยเฉพาะการให้แรงจูงใจแก่เกษตรกรที่ ตัดสินใจปรับตัวหันมาใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ที่มีความเสี่ยงไม่มากนัก

6. สรุป

วัตถุประสงค์ของบทความฉบับนี้มี 4 ประการ คือ ก) การอธิบายความหมาย ความสำคัญ และพัฒนาการของเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ ได้แก่ เทคโนโลยีชีวภาพ และเทคโนโลยีดิจิทัลที่เป็น ส่วนสำคัญของเกษตร 4.0 หรือเกษตรอัจฉริยะ (farming 4.0) ข) สถานการณ์และตัวอย่างการ ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลการเกษตรในต่างประเทศ และประเทศไทย ค) ระบุปัจจัยสำคัญที่ผลักดัน ให้เกิดการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ อธิบายสาเหตุที่เกษตรกรส่วนใหญ่โดยเฉพาะ เกษตรกรรายเล็กยังใช้เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ในระดับต่ำ รวมทั้งสาเหตุที่เกษตรกรไทยส่วนใหญ่มี

รายได้จากภาคเกษตรในสัดส่วนต่ำ ขณะที่เกษตรกรมีรายได้อาชีพมีรายได้ส่วนใหญ่จากการทำเกษตร ความเข้าใจพฤติกรรมของเกษตรกรเป็นเรื่องสำคัญต่อการออกแบบนโยบายสนับสนุนให้เกษตรกรใช้ เทคโนโลยีสมัยใหม่เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่มักทำตามเกษตรกรมีอาชีพที่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากการทดลองทำอะไรใหม่ ๆ มีความเสี่ยงสูง และ ง) นโยบายการสนับสนุนให้เกษตรกรใช้ เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่

ความท้าทายเกษตรกรรมโลกกับ technology disruption: ระบบเกษตรกรรมของโลกและ ของไทยกำลังเผชิญแรงกดดันและความท้าทายสำคัญหลายประการ ได้แก่ การเพิ่มของประชากรโลก รวมทั้งจำนวนคนชั้นกลางและการขยายตัวของประชากรเมืองกำลังทำให้ความต้องการบริโภคอาหาร โดยเฉพาะเนื้อสัตว์ อาหารแปรรูปและผักผลไม้เพิ่มทวีคูณ แต่ระบบการเกษตรกลับต้องเผชิญกับ ปัญหาความร่อยหรอและความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ ที่ดินจำนวนมากที่อุดมสมบูรณ์ถูก แปรเปลี่ยนไปเป็นที่อยู่อาศัยและเมืองที่ขยายตัวขึ้น ภาวะโลกร้อนที่กำลังทำให้ผลผลิตการเกษตรของ โลกแปรปรวนมากขึ้น และปัญหาความสูญเสียอาหารและขยะอาหาร (food loss and waste) ในขณะที่ยังมีคนอดอยากหลายร้อยล้านคนทั่วโลก ขณะเดียวกันภาคเกษตรของไทยก็กำลังสูญเสีย ความสามารถในการแข่งขัน เกษตรกรจำนวนมากยังยากจนและมีรายได้ต่อหัวต่ำกว่าผู้ที่ทำงานนอก ภาคเกษตร ข่าวยร้ายคือ เทคโนโลยีการเกษตรแบบดั้งเดิมที่เกิดจากการปฏิวัติเขียวรอบแรกในทศวรรษ 1960 ไม่สามารถตอบโจทย์ความท้าทายเหล่านี้

ข่าวดีก็คือ การปฏิวัติด้านเทคโนโลยีการเกษตร (หรือการปฏิวัติเขียวรอบ 2 หรือที่บางคน เรียกว่า เกษตร 4.0 farming 4.0) ที่กำลังอุบัติขึ้นในขณะนี้กำลังส่งผลใหญ่หลวงต่อการเปลี่ยนโฉม หน้าการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมอาหารของโลกในอนาคต แต่ความสามารถในการรับมือกับแรง กดดันและความท้าทายเหล่านี้จะประสบความสำเร็จได้ต่อเมื่อเราสามารถพัฒนาความก้าวหน้าทาง เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านการเกษตรและอาหาร รวมทั้งสร้างความร่วมมืออย่างจริงจังจากทุกฝ่าย ทั้งภาครัฐ นักลงทุน ภาคเอกชน ภาควิชาการและเกษตรกร

หลังจากอธิบายความหมายของเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ในตอนที่ 2 บทความฉบับนี้จึง สรุปลักษณะของเทคโนโลยีการเกษตรด้านต่างๆ เริ่มจากการอธิบายความสำเร็จของการปฏิวัติ เขียวรอบแรกในทศวรรษ 1960 ที่เป็นเพียงการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของพืชอาหารหลักเพื่อแก้ปัญหา ความอดอยากของพลเมืองโลก ส่วนการปฏิวัติเขียวรอบสองจะเป็นการปฏิวัติระบบเกษตรกรรมและ ห่วงโซ่อุปทานอาหารที่จะต้องใช้ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ ในการแก้ไข หรือแม้กระทั่งเอาชนะ ข้อจำกัดด้านพันธุกรรมของพืช/สัตว์ ศัตรูพืช และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนลดผลกระทบจากการ เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ สินค้าเกษตรกรรมและอาหารในอนาคตไม่เพียงจะมีปริมาณผลผลิต และ คุณภาพสูงขึ้น แต่มนุษย์จะสามารถผลิตอาหารที่ปลอดภัยและมีคุณค่าทางโภชนาการ มีรูป รส และ กลิ่นตามความต้องการของผู้บริโภค รวมทั้งการผลิตอาหารโดยใช้นวัตกรรม เช่น cultured meat

หรือ 3D printing of foods หรือ พันธุ์ใหม่ๆ ที่เกิดจาก genetic modification ขณะที่การใช้ปัจจัยการผลิตจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น รวมทั้งการใช้ทรัพยากรที่มีเหลือเพื่อแจกเช่นแสงอาทิตย์ และน้ำทะเลในการเพาะปลูก เทคโนโลยีจะช่วยให้ความแปรปรวนของผลผลิตการเกษตรต่อสภาพภูมิอากาศ และศัตรูพืชลดลง ระบบการผลิตจะเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ขณะเดียวกันอาหารจะมีราคาที่ไม่แพง

ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ที่กำลังอุบัติขึ้นในเวลานี้ เกิดจากการบูรณาการความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีชีวภาพควบคู่กับเทคโนโลยีดิจิทัล รวมทั้งความรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลายสาขา เกษตร 4.0 เริ่มต้นในประเทศพัฒนาแล้วในช่วง 1-2 ทศวรรษที่ผ่านมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ในการทำฟาร์มขนาดใหญ่ในประเทศพัฒนาแล้ว ในยุโรปปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้เพื่อเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตร (farming practices) มี 5 ปัจจัยตามลำดับความสำคัญ ดังนี้ การเกษตรแบบแม่นยำ (ผลสำรวจพบว่าร้อยละ 70-80 ของเครื่องมือ/เครื่องจักรกลการเกษตรรุ่นใหม่จะมีส่วนประกอบของเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำอยู่ในเครื่องม้อุปกรณ์) ระบบอัตโนมัติในฟาร์ม การรวมไร่นาเป็นแปลงใหญ่ การจัดการเกษตรด้วยมืออาชีพ และปัญหาการขาดแรงงาน

แต่อัตราการใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะในฟาร์มขนาดเล็กยังอยู่ในระดับต่ำทั้งในยุโรปและญี่ปุ่น เพราะราคาของเทคโนโลยีสมัยใหม่ค่อนข้างสูง รวมทั้งปัญหาการเข้าถึงคลื่นสัญญาณอินเทอร์เน็ต รัฐบาลญี่ปุ่นและสหภาพยุโรปจึงมีนโยบายการส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาแพลตฟอร์มการเกษตรสำหรับกลุ่มเกษตรกรรายเล็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งนโยบายการจัดทำระบบและมาตรฐาน big data จากข้อมูลต่างๆ หน่วยงานรัฐเพื่อให้บริษัทเอกชนและนักวิจัยสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดและใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

ตอนท้ายของบทความตอนที่ 2 เป็นตัวอย่างของเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ที่ใช้กันในประเทศพัฒนาแล้ว ทั้งในปัจจุบันและในอนาคต รวมทั้งการสรุปปรากฏการณ์การควมรวมของบริษัทข้ามชาติด้านธุรกิจการเกษตร

บทความตอนที่ 3 เริ่มจากการอธิบายทฤษฎีการชักนำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีและสถาบันใหม่ในภาคเกษตร ก่อนที่จะวิเคราะห์บทบาทของผู้เกี่ยวข้อง (ภาครัฐ ธุรกิจเอกชน และเกษตรกร) ในการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยีเกษตร 4 ด้าน ได้แก่การปรับปรุงพันธุ์ การจัดการทรัพยากรในฟาร์ม การพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร และเทคโนโลยีการเข้าถึงตลาดและสินเชื่อ

ตอนที่ 4 ยกตัวอย่างและบรรยายสถานภาพการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในภาคเกษตรไทย หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์สาเหตุที่เกษตรกรไทยบางส่วนเริ่มประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลบ้างแล้ว แต่ยังคงอยู่ในวงจำกัดเฉพาะพืชมูลค่าสูง และสาเหตุที่เกษตรกรส่วนใหญ่ซึ่งปลูกพืชหลักทางเศรษฐกิจที่มีมูลค่าต่ำ (เช่น ข้าว มันสำปะหลัง ยาง) ยังไม่ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลอย่างกว้างขวาง และ

จุดอ่อนของนโยบายวิจัยและส่งเสริมการเกษตร ตอนที่ 5 วิเคราะห์พฤติกรรมของเกษตรกร โดยเน้นการอธิบายสาเหตุที่ครัวเรือนเกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้จากภาคเกษตรในสัดส่วนต่ำ และวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้ครัวเรือนเกษตรกรมีอาชีพมีรายได้ครัวเรือนส่วนใหญ่จากการเกษตร ตอนสุดท้ายเป็นข้อเสนอแนะแนวทางการส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ *เป้าหมายของนโยบายใหม่* คือ การเพิ่มผลผลิตต่อไร่และผลผลิตต่อเกษตรกร การผลิตและจำหน่ายสินค้าเกษตรที่มีมูลค่าสูง เป็นสินค้าปลอดภัย เป็นสินค้าใหม่ตามความต้องการของตลาด และลดผลกระทบของกิจกรรมการเกษตรต่อทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม *กลยุทธ์หลักของนโยบายพลิกโฉมภาคเกษตรไทยอย่างยั่งยืน* คือ (ก) การพัฒนาและใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพิ่มรายได้ของเกษตรกรและขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคเกษตร (ข) การสร้างสถาบันใหม่ในการขับเคลื่อนนโยบายการส่งเสริมเกษตรแบบสี่ประสาน ได้แก่ เกษตรกรมืออาชีพ ภาครัฐ ภาคเอกชน (รวมทั้งประชาสังคม) และมหาวิทยาลัย *ส่วนข้อเสนอด้านมาตรการมี 5 มาตรการ* ได้แก่ การปฏิรูประบบวิจัยเกษตรภาครัฐ การยกเครื่องระบบส่งเสริมการเกษตรของภาครัฐใหม่ การส่งเสริมเกษตรกรอาชีพให้ลงทุนและใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ การสร้าง ecosystem ด้านการวิจัยพัฒนาและการส่งเสริม เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ และมาตรการอื่นๆ แต่ข้อเสนอที่สำคัญที่สุด คือ การเปลี่ยนแนวทางการพัฒนาการวิจัย-พัฒนาและการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ 3 แนวทาง ได้แก่ (ก) นโยบายเกษตรควรคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่ว่าเกษตรกรเป็นกิจกรรมและกระบวนการที่แตกต่าง และหลากหลายทั้งในระบบการเพาะปลูกและพื้นที่ รัฐไม่ควรใช้นโยบาย one size fits all (ข) บทเรียนสำคัญจากนโยบายพัฒนาเทคโนโลยีในต่างประเทศ คือ *ประการแรก* การพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ควรเน้นเรื่องการมุ่งเป้า (targeted goals) และระยะเวลาที่ต้องการบรรลุผล ส่วนรายละเอียดในการดำเนินงานปล่อยให้ เป็นหน้าที่รับผิดชอบของผู้เชี่ยวชาญที่มีหน้าที่รับผิดชอบบริหารจัดการ *ประการที่สอง* ความสำเร็จส่วนใหญ่เกิดจากความร่วมมืออย่างจริงจังกับผู้มีส่วนได้เสีย (ค) รัฐและฝ่ายการเมืองควรมีความกล้าหาญทางการเมืองในการปฏิรูปนโยบายการอุดหนุนภาคเกษตรที่ใช้เงินมากกว่าปีละหนึ่งแสนล้านบาท และโยกเงินส่วนใหญ่มาอุดหนุนและให้แรงจูงใจด้านการวิจัยพัฒนาและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ เพราะการลงทุนพัฒนาและการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ มีความเสี่ยงค่อนข้างสูง

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กมล เลิศรัตน์. 2560. “ความก้าวหน้าและทิศทางการปรับปรุงพันธุ์พืชในยุคเกษตรไทย 4.0.” สัมมนาวิชาการและประชุมใหญ่สามัญประจำปี สมาคมปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืชแห่งประเทศไทย เรื่อง “การปรับปรุงพันธุ์พืชกับทิศทางการเกษตรไทย” วันที่ 2 -3 พฤษภาคม 2560 ณ โรงแรมมารวยการ์เด็น กรุงเทพฯ (คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น).

กรมส่งเสริมการเกษตร 2561. *Young Smart Farmers - อนาคตและทิศทางภาคเกษตรไทย*

กลุ่มพัฒนายุวเกษตรกร กองพัฒนาเกษตรกร <ssnet.doae.go.th 30 ตุลาคม 2562>

เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม. 2562. *เกษตรไทยในยุคไอทีและเกษตรเอไอ*. การเสวนาวิชาการเรื่อง “ภาคเกษตรกรไทยในอนาคต คริวไฮเทคของโลกยุคใหม่?” จัดโดย แผนงานคนไทย ๔.๐ สถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ และสภาวิจัยแห่งชาติ ณ สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 22 สิงหาคม 2562.

ภาณี บุญยเกื้อกุล. 2561. “การขับเคลื่อนการพัฒนา Smart Farmer และ Young Smart Farmer ในปีงบประมาณ 2562” กองพัฒนาเกษตรกร กรมส่งเสริมการเกษตร พฤศจิกายน 2561 <ssnet.doae.go.th, 30 ตุลาคม 2562>

ลัทพร รัตนวราภักษ์, โสมรัศมี จันทรัตน์, ชนกานต์ ฤทธิพนธ์, บุญธิดา เสี่ยงมเนตร, อุกฤษ อุณหเลขกะ, รัสรินทร์ ชินโชติธีรพันธ์, และ กัมพล ปันตะแก้ว. 2562. “Digital technologyกับการยกระดับคุณภาพชีวิตเกษตรกรไทย.” *aBRIDGEd*, Issue 19/2019, 10 October.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย 2555. *อนาคตเศรษฐกิจข้าวไทย* รายงานวิจัยเสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย 2561. *โครงการศึกษาแนวทางการปรับตัวของภาคเกษตรเพื่อรองรับการเปิดประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน เพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขันของไทย*. รายงานวิจัยนำเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.

สันติ แสงเลิศไสว. 2558. “แนวนโยบายด้านภาษีเพื่อลดผลกระทบจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร.” การประชุมวิชาการระดับชาติของนักเศรษฐศาสตร์ ครั้งที่ 9 คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 11 มกราคม 2558.

สิริวัฒน์ สาครวาสี. 2562. *The Agriculture of the future เกษตรกรรมแห่งอนาคต*. กรุงเทพฯ: หจก.มิตรเกษมการตลาดและโฆษณา.

สุนทรียิ่ง ชัชวาลย์ และ สุมิตรา ภู่วโรดม. 2561. “วิดีโอถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพมังคุดในภาคใต้ ปี 2561.” <https://m.youtube.com/playlist?list=PLP6z9--2cLeKEXiXYLWvXhRemvtr64DgO>, ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร มก.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2563. “คิดใหม่ ทำใหม่ เรื่องการใช้ปุ๋ยในนาข้าว ตอนที่ 1: ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับข้าว.” YouTube ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร มก. June 3, 2020. https://www.youtu.be/qDbxyBaF_1k

สุมิตรา ภู่วโรดม 2563 “คิดใหม่ ทำใหม่ เรื่องการใช้ปุ๋ยในนาข้าว ตอนที่ 2: การใช้ปุ๋ยในนาข้าว” YouTube ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร มก. June 3, 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=UyxksvdhTyg>

สุมิตรา ภู่วโรดม 2563 “คิดใหม่ ทำใหม่ เรื่องการใช้ปุ๋ยในนาข้าว ตอนที่ 3: ความรู้เรื่องปุ๋ย และตอบคำถามเกษตรกร.” YouTube ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร มก. June 3, 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=kO-h7gUZR2E>

สุวรรณา ประณีตวาทกุล และคณะ. 2554. ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในภาคเกษตร. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ.

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. 2562. รายงานประจำปี 2562. <nia.bookcaze.com>

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2561. การประชุมวิชาการข้าวแห่งชาติ ครั้งที่ 5. <http://www.arda.or.th/datas/riceconref2.pdf> p19 (1 ส.ค. 63)

อัมมาร สยามวาลา. 2541. “อนาคตของเกษตรกรรมและของอุตสาหกรรมการเกษตร.” ใน *ครบรอบ 60 ปีอัมมาร สยามวาลา*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.

บรรณานุกรมภาษาอังกฤษ (รวมทั้ง Webpages, Blogposts, Online News Articles)

Ammar Siamwalla. 1986. “Thailand’s Agricultural Future: What Are the Questions?” In *Thailand-US Relations: Changing Political, Strategic and Economic Factors*, edited by Ansil Ramsay and Wiwat Mungkandi. The Regents of University of California. (Also available as TDRI Research Report No. A2).

- Ammar Siamwalla. 1992. "Myths, Demons and the Future of Thai Agriculture." 1992 Year-end Conference on Thailand's Economic Structure: Towards Balanced Development? Synthesis Report Volume No. I. Bangkok: Thailand Development Research Institute.
- Benjawan Rerkaserm. 2007. "Having Your Rice and Eating It too: A View of Thailand's Green Revolution." *ScienceAsia*. 33, Supplement 1: 75-80.
- Bhatia, S., and Divakar Goli. 2018. "Introduction to Pharmaceutical Biotechnology, Volume 1: Basic techniques and concepts." Bristol: IOP Publishing Ltd. <https://iopscience.iop.org/book/978-0-7503-1299-8>. (Accessed 5 Sep. 2020).
- Boldwin, Erin. (2018, June 7). "After a \$66 billion merger, Monsanto is disappearing — sort of." *Business Insider*. www.businessinsider.com,
- Choi, K. H., S. K. Han, K. Park, K. Kim, and S. Kim. 2015. "Vision based guidance line extraction for autonomous weed control robot in paddy field." 2015 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), Zhuhai, pp. 831-836. doi: 10.1109/ROBIO.2015.7418873 (Accessed 11 Oct 2020)
- Davies, Michael S. 2019. "IoT Water Sensors: Improving Water Quality Management In Agriculture." <https://www.iotacommunications.com/blog/iot-water-sensor/> (Accessed 16 Oct 2020).
- Debeljak, Marko. 2019. "A Field-Scale Decision Support System for Assessment and Management of Soil Functions." *Frontiers in Environmental Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00115> (Accessed 10 Oct 2020)
- De Clerq, Matthieu, Anshu Vats, and Alvaro Biel. 2018. *Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology*. In collaboration with Oliver Wyman. Prepared for the World Government Summit. February. <https://www.worldgovernmentsummit.org/api/publications/document?id=95df8ac4-e97c-6578-b2f8-ff0000a7ddb6> (Accessed 1 Aug 2020).
- Dow. (2017, Sept 1). "DowDuPont Merger Successfully Completed." *Dow*. <https://corporate.dow.com/en-us/news/press-releases/dowdupont-merger-successfully-completed.html> (Accessed 12 June 2020)

- Eto, Taku. 2020. "Current Efforts to Realise Smart Agriculture in Japan." Open Access Government. <https://www.openaccessgovernment.org/smart-agriculture/88122> (Accessed 1 Oct 2020)
- Feeny, David. 1982. *The Political Economy of Productivity: Thai Agricultural Development, 1880-1975*. Vancouver and London: University of British Columbia Press.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations and the International Telecommunication Union. 2019. *E-Agriculture in Action: Big Data for Agriculture*. Bangkok. <http://www.fao.org/3/ca5427en/ca5427en.pdf> (Accessed 16 Oct 2020).
- Gaorai. 2020. "นักขับโดรน". <https://gaorai.io/main/pilot> (Accessed Oct 1, 2020)
- Gotoh, Takafumi. 2018. "The Japanese Wagyu Beef Industry: Current Situation and future Prospects—A Review." *Asian-Australia Journal of Animal Science* 31(7): 933–950. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6039323/> (Accessed 1 Oct 2020)
- Hellerstein, Daniel, Dennis Vilorio, and Marc Ribaldo (Eds). 2019. *Agricultural Resources and Environmental Indicators, 2019*. EIB-208, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. (Accessed 12 June 2020)
- Hitachi Zosen Corporation. (2015, Jan 14). Utilizing a Self-steering Robotic Tractor in the Developmental Phases of Rice: Feasibility Study on Using Quasi-Zenith Satellite System for Precision Farming in Australia. <https://www.hitachizosen.co.jp/english/news/2015/01/001512.html> (Accessed 16 Oct 2020).
- Huawei Research. *The Connected Farm: A Smart Agriculture Market Assessment*. <https://www.huawei.com/-/media/CORPORATE/Images/PDF/v2-smart-agriculture-0517.pdf?la=en>
- Ichihashi, Yasunori. 2020. Multi-omics analysis on an agroecosystem reveals the significant role of organic nitrogen to increase agricultural crop yield. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of*

- America. <https://www.pnas.org/content/117/25/14552#abstract-2> (Accessed 1 Oct 2020)
- International Commission on Irrigation and Drainage. (2012, Dec 27). "Second Green Revolution." ICID Foundation Day Seminar. https://www.icid.org/second_g_revolution.html
- Jungbruth, F. 1996. *Crop Protection Policy in Thailand: Economic and Political Factors Influencing Pesticide Use*. University of Hannover.
- Kawano, Sumio. 2016. Past, Present and Future near Infrared Spectroscopy Applications for Fruit and Vegetables. *NIR News*. Volume: 27 issue: 1, page(s): 7-9. <https://doi.org/10.1255/nirn.1574>. Accessed 11 Oct 2020.
- Kiernan, Lynda. (2020, Jan 7). Brief: ChemChina, Sinochem Merge Ag Assets into New Syngenta Group. Global Ag Investing. <https://www.globalaginvesting.com/brief-chemchina-sinochem-merge-ag-assets-new-syngenta-group/> (Accessed 12 Jun 2020)
- Klerkx, L., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: Concepts, analysis and interventions. In I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu (Eds.), *Farming systems research into the 21st century: The new dynamic* (pp. 457–483). New York: Springer.
- Lamborelle, Anmone and Laura Fernández Álvarez. 2016. *Farming 4.0: The Future of Agriculture?* EURACTIV.COM. November. <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/infographic/fa...> (Accessed 10 October 2020).
- LenNam - เล่นน้ำ. (2015, Apr 23). "Cover Photos". <https://www.facebook.com/media/set/?vanity=techfarm.lennam&set=a.1644982279070578> (Accessed 1 Oct 2020)
- Lewis, Micah A. 2011. Optimization of Peanut Drying, Utilizing a Microwave Moisture Meter in the Implementation Of A Feedback Controlled System. USDA AMS FSMIP. https://getd.libs.uga.edu/pdfs/lewis_micah_a_201112_phd.pdf (Accessed 11 Oct 2020)

- Ling. 2020. "Ling แอปเพื่อการเกษตรดิจิทัล".
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tig_gis.ling&hl=th&gl=US (Accessed on 30 Oct 2020)
- Lowenberg-Debowe, James et al. 2019. "Setting the Record Straight on Precision Agriculture Adoption." *Agronomy Journal* 111(4).
https://www.researchgate.net/publication/333335891_Setting_the_Record_Straight_on_Precision_Agriculture_Adoption (Accessed 1 Oct 2020)
- MacDonald, James M., Penni Korb, and Robert A. Hoppe. 2013. Farm Size and the Organization of U.S. Crop Farming. USDA Economic Research Report 152.
https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/45108/39359_err152.pdf
- McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T. et al. 2005. "Future Directions of Precision Agriculture." *Precision Agric* 6: 7–23. <https://doi.org/10.1007/s11119-005-0681-8> (Accessed 1 Aug 2020).
- Mello, Ulisses, and Sriram Raghavan. 2018, Sept 24. Smarter Farms: Watson Decision Platform for Agriculture. IBM Research Blog.
<https://www.ibm.com/blogs/research/2018/09/smarter-farms-agriculture/> (Accessed 16 Oct 2020)
- Meng, Chao, Dong Xu, Young-Jun Son, and Chieri Kubota. 2012. *Simulation-based Economic Feasibility Analysis of Grafting Technology for Propagation Operation*, p.18
- Ministry of Agriculture, Fisheries, and Forestry of Japan. n.d. "Smart Agriculture."
https://www.maff.go.jp/e/policies/tech_res/smaagri/robot.html (Accessed 16 Oct 2020)
- Ministry of Agriculture, Fisheries, and Forestry of Japan. "Promotion of Smart Agriculture." https://www.maff.go.jp/e/policies/tech_res/smaagri/attach/pdf/robot-1.pdf (Accessed 16 Oct 2020).
- Neethirajan, Suresh. 2017. "Recent Advances in Wearable Sensors for animal Health Management." *Sensing and Bio-Sensing Research* 12: 15-29.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214180416301350> (Accessed 16 Oct 2020)

- Netafim. “Why weather forecast is important for farmers?”
<https://www.netafim.com/en/digital-farming/netbeat/Monitor/weather-sensors/>
 (Accessed 16 Oct 2020).
- Nipon Poapongsakorn and Danop Aroonkong. 2013. *Fertilizer Policy in Thailand*.
 Research report prepared for IFPRI. Bangkok: TDRI.
- Nipon Poapongsakorn and Yeong Sheng Tey. 2019. “Institutions, Governance, and Transformation in Southeast Asian Agriculture.” In *Farms, Food and Future: Inclusive and Sustainable Agricultural and Rural Development in Southeast Asia*, edited by C. F. Habito, D. Capistrano and G. C. Saguiguit, Jr. Manila, the Philippines: SEARCA.
- Nipon Poapongsakorn and Kamphol Pantakua. 2020. *Agricultural Transformation in Thailand*. Research report prepared for FAO. Bangkok: TDRI.
- Nipon Poapongsakorn, Kullapapruk Piewtongngam, Kamphol Pantakua, Natthida Wiwatwicha, Nipa Sriant, and Chawalrath Buranakij. 2020. *Food System in Thai Cities: A Focus on Bangkok and Khon Kaen*. Research report prepared for FAO, Bangkok.
- Petukhova, Tatiana, and Dinar Khayrutdinov. (2019, Feb 4). Robots for farmers: Interview with Salah Sukkarieh. http://erazvitie.org/english/boti_dlya_fermera
 (Accessed 16 Oct 2020)
- PRNewswire. 2019, Aug 8. “Global Smart Agriculture Market to 2025.”
<https://www.prnewswire.com/news-releases/global-smart-agriculture-market-to-2025-300898806.html> (Accessed 9 Aug 2020).
- Radhi M.Z.A. 2020. “The Current Technologies That Can Be Used for Smart Agriculture.” FFTC Agricultural Policy Platform.
<https://ap.fftc.org.tw/article/2457> (Accessed 16 Oct 2020).
- Ruttan, V.W., and Y. Hayami .1984. “Toward a Theory of Induced Institutional Innovation.” *The Journal of Development Studies* 20(4): 203-223.
- Schimmelpfennig, David. 2017. *Farm Profits and Adoption of Precision Agriculture*. Economic Research Report Number 217. United States Department of

- Agriculture. <https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/249773/2/err-217.pdf>
(Accessed 16 Oct 2020).
- SensiML. “Agricultural Solutions.” <https://sensiml.com/solutions/agricultural-solutions/> (Accessed 16 Oct 2020).
- Shibusawa, Sakae. 2001. “Precision Farming Approaches for Small Scale Farms.” *IFAC Proceedings* 34(11): 22-27. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)34099-5](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)34099-5)
- SPsmartplants. 2020. “ระบบเกษตร Smart Farm ยุคดิจิทัล”.
<https://www.spsmartplants.com/> (Accessed 1 Oct 2020)
- Stenberg, Bo et al. 2010. “Chapter Five - Visible and Near Infrared Spectroscopy in Soil Science.” *Advances in Agronomy* 107:163-215.
[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)07005-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)07005-7) (Accessed 10 Oct. 2020)
- Stoate, Chris, N.D. Boatman, R.J. Borralho, C. Rio Carvalho, G.R. de Snoo and P. Eden. 2001. “Ecological impacts of arable intensification in Europe.” *Journal of Environmental Management*. Vol. 63, Issue 4. December: 337-365.
- Suresh Neethirajan. 2017. “Recent advances in wearable sensors for animal health management”. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 12. February 2017, Pages 15-29. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214180416301350>
(Accessed 16 Oct 2020)
- Swiss Business Hub Japan. 2016. "AgriTech in Japan: Stepping through the doors of a world leader." Tokyo: Embassy of Switzerland. https://swissbiz.jp/wp-content/uploads/2018/04/sge_agritech_japan_infographic.pdf (Accessed 20 Sept 2020)
- Tevatronics. “WIRELESS TENSIO METER – WTN 101”.
<http://tevatronic.net/equipment/wtm-101/> (Accessed 16 Oct 2020)
- Takafumi Gotoh. 2018. “The Japanese Wagyu beef industry: current situation and future prospects- A review”. *Asian-Australia Journal of Animal Science*. 31(7): 933–950. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6039323/> (Accessed 1 Oct 2020)

- Taku Eto. 2020. "Current efforts to realise smart agriculture in Japan". Open Access Government. <https://www.openaccessgovernment.org/smart-agriculture/88122> (Accessed 1 Oct 2020)
- Tamburini, Elena. 2017. "Quantification of Lycopene, β -Carotene, and Total Soluble Solids in Intact Red-Flesh Watermelon (*Citrullus lanatus*) Using On-Line Near-Infrared Spectroscopy." *Sensors* 17(4): 746. <https://doi.org/10.3390/s17040746> (Accessed 16 Oct 2020)
- Tatiana Petukhova, Dinar Khayrutdinov. (2019, Feb 4). Robots for farmers: Interview with Salah Sukkarieh. http://erazvitie.org/english/boti_dlya_fermera (Accessed 16 Oct 2020)
- Techsauce Team. (2015, Nov 15). "สัมภาษณ์ TechFarm: Hardware Startup ไทยกับผลงาน "เล่นน้ำ". <https://techsauce.co/tech-and-biz/techfarm-interview> (Accessed 2 Oct 2020)
- Temple, Robert. 2006. *The Genius of China: 3,000 Years of Science, Discovery and Invention*, Carlton Publishing Group.
- Tevatronics. "Wireless Tensiometer – WTN 101." <http://tevatronic.net/equipment/wtm-101/> (Accessed 16 Oct 2020)
- TheEducators. "High Yielding Crops." <http://www.theeducators.co/2017/10/16/high-yielding-crops/> (Accessed 1 Aug 2020)
- UK-Robotics and Autonomous Systems Network. 2018. Agricultural Robotics: The Future of Robotic Agriculture. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1806/1806.06762.pdf> (Accessed 16 Oct 2020)
- Ulisses Mello and Sriram Raghavan. (2018, Sept 24). Smarter Farms: Watson Decision Platform for Agriculture. IBM Research Blog. <https://www.ibm.com/blogs/research/2018/09/smarter-farms-agriculture/> (Accessed 16 Oct 2020)
- U.S. Department of Agriculture. "Decision Support Systems. Ag Data Commons." <https://data.nal.usda.gov/nal-terms/decision-support-systems> (Accessed 16 Oct 2020)

Wikipedia contributors. (2020, October 17). Second Green Revolution. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Second_Green_Revolution&oldid=984006369 (Accessed 7 Nov 2020)

Witsanu Attavanich, Sommarat Chantararat, Jirath Chenphuengpaw, Phumsith Mahasuweerachai and Kannika Thampanishvong. 2019. *“Farms, Farmers and Farming: a Perspective through Data and Behavioral Insights.”* A Bank of Thailand 2019 Symposium. September 18.

Womach, J. 2005. “Agriculture: A Glossary of Terms, Programs, and Laws, 2005 Edition.” *CRS Report for Congress*, June 16. Congressional Research Service.

World Bank. 2008. “Agriculture for Development”. world development report 2008. The World Bank: Washington, DC.

Zhai, Zhaoyu et al. 2020. “Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges.” *Computers and Electronics in Agriculture*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169919316497#f0005> (Accessed 11 Oct 2020)
